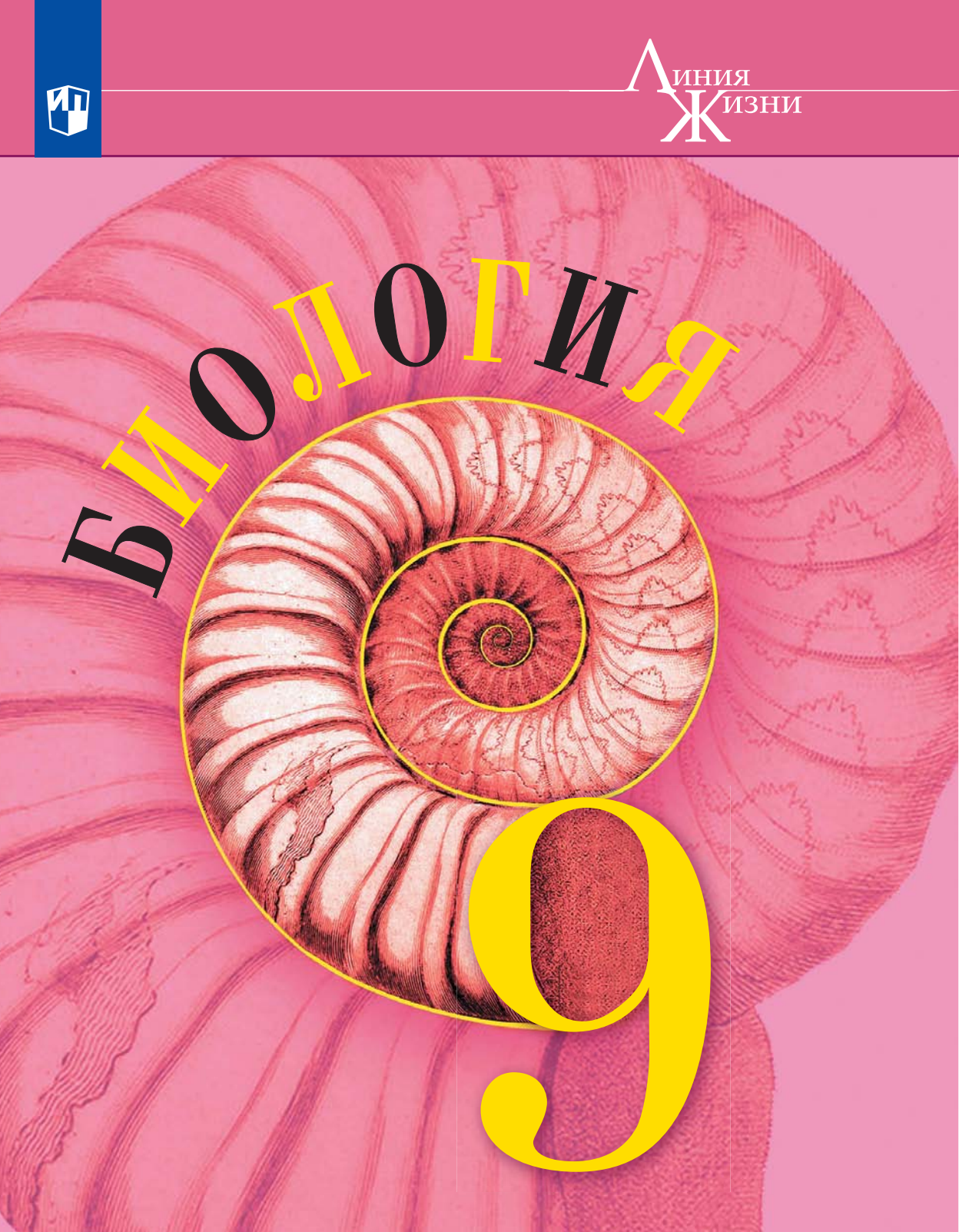




Линия
Жизни

Биология



Биология 9 класс



Учебник для общеобразовательных
организаций

Под редакцией профессора
В. В. Пасечника

*Допущено Министерством просвещения
Российской Федерации*

9-е издание, стереотипное

Москва
«ПРОСВЕЩЕНИЕ»
2022

УДК 373:57+57(075.3)
ББК 28.0я721
Б63

Серия «Линия жизни» основана в 2005 году

На учебник получены **положительные** заключения
научной (заключение РАО № 889 от 28.11.2016 г.),
педагогической (заключение РАО № 660 от 21.11.2016 г.)
и **общественной** (заключение РКС № 361-ОЭ от 22.12.2016 г.) экспертиз.

Авторы: д-р пед. наук **В. В. Пасечник**, д-р биол. наук **А. А. Каменский**,
канд. пед. наук **Г. Г. Швецов**, канд. пед. наук **З. Г. Гапонюк**

Креативный редактор
серии учебно-методических комплектов «Линия жизни»
канд. пед. наук **З. Г. Гапонюк**

В соответствии со ст. 1274 ГК РФ в данном издании в качестве иллюстрации использовано произведение художника Е. И. Герасимчука (с. 34) — Биология: человек: пособие для учащихся / С. В. Барабанов; под ред. В. Л. Быкова. — М. : Просвещение, 2007. — 80 с.: ил. — (Линия жизни).

Издание выходит в pdf-формате.

Биология. 9 класс : учеб. для общеобразоват. организаций :
Б63 издание в pdf-формате / [В. В. Пасечник, А. А. Каменский,
Г. Г. Швецов, З. Г. Гапонюк] ; под ред. В. В. Пасечника. —
9-е изд., стер. — Москва : Просвещение, 2022. — 208 с. :
ил. — (Линия жизни).

ISBN 978-5-09-101331-3 (электр. изд.). — Текст : электронный.
ISBN 978-5-09-088223-1 (печ. изд.).

Предлагаемый учебник — основной элемент информационно-образовательной среды УМК по биологии «Линия жизни» для 9 класса. В нём рассмотрены общебиологические закономерности, позволяющие обобщить знания, полученные учащимися в 5—8 классах. Учебник выполняет функцию одного из инструментов достижения образовательных результатов по биологии в соответствии с требованиями ФГОС. В связи с этим большое внимание уделено организации учебного материала в соответствии с разными формами учебной деятельности, а также развитию универсальных учебных действий учащихся. Разнообразие заданий и деятельностный блок «Моя лаборатория» позволяют отрабатывать широкий спектр необходимых умений и компетенций.

УДК 373:57+57(075.3)
ББК 28.0я721

ISBN 978-5-09-101331-3 (электр. изд.)
ISBN 978-5-09-088223-1 (печ. изд.)

© Издательство «Просвещение», 2014, 2019
© Художественное оформление.
Издательство «Просвещение», 2014, 2019
Все права защищены

Дорогие друзья!

Пришло время обобщить все те знания о живых организмах, которые вы получили в предыдущих классах, подвести итоги и сделать некоторые выводы о сущности жизни. Именно жизнь во всех её проявлениях является предметом изучения различных отраслей биологической науки, с основами которых вам и предстоит познаться в 9 классе. Вашим путеводителем будет учебник.

Текст учебника разделён на главы и параграфы. Нужный раздел учебника вы найдёте по **оглавлению** или по названию в верхней части страницы. В конце учебника помещён **указатель терминов**, который также поможет вам найти необходимую учебную информацию.

Приступая к работе, прочитайте название главы, вводный текст и информацию о том, что вы узнаете и чему научитесь. Это поможет вам понять, на какой материал нужно обратить особое внимание.

Перед каждым параграфом в рубрике **ВСПОМНИТЕ** помещены вопросы, предлагающие вам вспомнить изученный ранее материал, что позволит лучше понять и усвоить новый.

Термины, которые нужно запомнить, напечатаны **жирным шрифтом**, а те, на которые необходимо обратить особое внимание, — *курсивом*. Внимательно рассмотрите и изучите иллюстрации, прочитайте подписи к ним — это поможет вам лучше понять содержание текста. На цветном фоне приведён дополнительный материал для углублённого изучения. Необходимым условием успешного овладения знаниями является выполнение лабораторных и практических работ. В учебнике они отмечены значком .

В конце каждого параграфа знаком  выделены новые для вас понятия. Их нужно запомнить и уметь объяснять. Обязательно отвечайте на вопросы в конце параграфа, обозначенные значком .

Вопросы повышенной сложности, приведённые в рубрике **ПОДУМАЙТЕ!**, а также задания, отмеченные значком , должны научить вас анализировать изученный материал.

Работа с учебником и рабочей тетрадью поможет вам лучше подготовиться к итоговой аттестации.

Желаем вам успехов в учёбе и новых открытий в интересном и разнообразном мире живой природы!

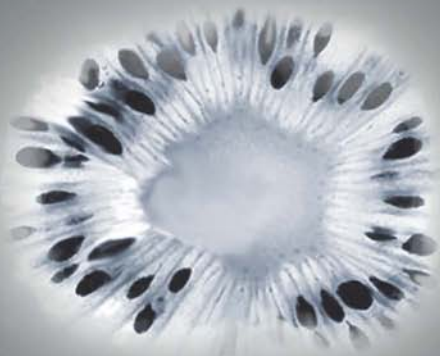
Авторы

Полезные советы

1. Учебник станет вашим помощником на пути усвоения новых знаний и умений только в том случае, если вы грамотно будете с ним работать. Внимательно изучите структуру всего учебника, отдельных параграфов и рубрик. Усвойте значения приведённых в нём условных обозначений.
2. Приступая к работе, подумайте о том, что она будет значить для вас лично. Каковы её мотивы? Возможно, это не только стремление повысить общий уровень своей образованности или желание хорошо сдать итоговый экзамен, но и первые шаги к будущей профессии.
3. Учитесь учиться самостоятельно, планировать свою работу по шагам. Для этого научитесь ставить перед собой конкретные учебные задачи. Продумывайте, какие результаты будут получены вами по итогам проделанной учебной работы. Используйте рекомендации, обозначенные значком .
4. Читая параграф, обратите внимание на ключевые понятия и сведения, выделенные в тексте. Подумайте, как можно связать материал параграфа с окружающей жизнью и вашим личным опытом.
5. Делайте собственный конспект параграфа на бумаге или на компьютере в виде текста или красивой схемы. Конспект должен содержать: главную идею, вновь узнаваемые термины, основные мысли и выводы.
6. Старайтесь научиться сопоставлять полученные результаты с планируемыми вами! Для этого подумайте о том, как вы будете контролировать результаты своей учебной работы.
7. Консультируйтесь у учителя, если появляются затруднения. Обсуждайте проблемы с родителями и товарищами.
8. Готовьтесь к работе. Продумывайте, что вам может понадобиться, кроме учебника. Ищите дополнительный материал, пользуясь библиотекой или ресурсами Интернета. В этом вам помогут ссылки в учебнике, обозначенные значками  и .
9. Отмечайте личные достижения, собирая в портфолио работы, демонстрирующие ваши успехи: доклады, проекты, рисунки, фотографии, грамоты, отзывы учителей и т. п.
10. Помните, что многое зависит от вашего желания и настойчивости.

Биология в системе наук

Современная биология представляет собой широкую область человеческих знаний, которые являются фундаментом для понимания естественных законов существования живой природы и человека как её части, а также основой решения проблем, возникающих в результате его производственной деятельности.



ВВЕДЕНИЕ



Аристотель

ВЫ УЗНАЕТЕ

- о биологии как науке и её месте в системе наук;
- каковы современные научные представления о сущности жизни;
- о методах биологических исследований;
- о значении биологической науки в деятельности человека.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- характеризовать значение биологии для понимания научной картины мира;
- характеризовать связи биологии с другими науками



§ 1. БИОЛОГИЯ КАК НАУКА

ВСПОМНИТЕ

1. Что изучает биология? Какие биологические науки вам известны?
2. Что такое жизнь и какие свойства живого вам известны?

ми пользуется учёный, важнейшим для него всегда остаётся принцип «ничего не принимай на веру». Главная задача науки — построение системы достоверного знания, основанного на фактах и обобщениях, которые можно подтвердить или опровергнуть. Научные знания постоянно берутся под сомнение и принимаются лишь при достаточных доказательствах. Факт (греч. *factum* — сделанное) становится научным лишь тогда, когда его можно воспроизвести и подтвердить.

Как вам уже известно, объектами изучения биологии являются различные проявления жизни: строение, функции, развитие и происхождение живых организмов, их взаимоотношения в природных сообществах со средой обитания и с другими организмами. В настоящее время биология представляет совокупность наук о живой природе.

Место биологии в системе наук. С тех пор как человек стал осознавать своё отличие от животных, он начал изучать окружающий его мир. Сначала от этого зависела его жизнь. Первобытным людям необходимо было знать, какие организмы, «дары природы» можно употреблять в пищу, а какие из них ядовиты или опасны, какие можно использовать в качестве лекарств, для изготовления одежды и жилищ. С развитием цивилизации человек смог позволить себе такую роскошь, как занятие наукой в познавательных целях. Постепенно сложилась целая система наук, среди которых биология занимает особое положение.

Современная биология — комплексная наука, для которой характерно взаимопроникновение идей и методов различных биологических дисциплин, а также других естественных наук, прежде всего физики, химии и математики. Сейчас биологические знания используются во всех сферах человеческой деятельности: в промышленности и сельском хозяйстве, медицине и энергетике и др.

Биология как наука. Наука — одна из сфер человеческой деятельности, цель которой состоит в изучении и познании окружающего мира. Для научного познания необходим выбор определённых объектов исследования, проблем и методов их изучения. Однако независимо от того, какими метода-



В настоящее время в биологии условно можно выделить три направления. Первое направление — это **классическая биология**. Её представляют учёные-натуралисты, изучающие многообразие живой природы. Второе направление — **эволюционная биология**, которая ищет ответы на сложные вопросы, связанные с гипотезами возникновения жизни на Земле, с причинами изменения видового состава, а также с теорией антропогенеза. Третье направление — **физико-химическая биология**. Это быстроразвивающееся направление биологии, важное в теоретическом и практическом отношении, включает биохимию, молекулярную биологию и т. п. Именно в этой области надо ждать новых открытий, которые позволят решить многие проблемы, стоящие перед человечеством.

Что такое жизнь. Как вам уже известно, живые организмы обладают определёнными свойствами: движением, обменом веществ, ростом, развитием, самовоспроизведением, саморегуляцией и др. Но среди этих признаков нет ни одного такого, который был бы присущ только живому. Например, кристаллы в насыщенном растворе соли могут расти. Однако этот рост не имеет тех качественных и количественных параметров, которые присущи росту живого. Для горящей свечи тоже характерны процессы обмена веществ и превращения энергии, но она не способна к саморегуляции и самовоспроизведению. Следовательно, все перечисленные выше свойства в своей совокупности характерны только для живых организмов.

Сущность жизни заключается в её самовоспроизведении и саморегуляции, которые обеспечиваются передачей генетической информации из поколения в поколение.

В самом общем смысле жизнь можно определить как активное, идущее с затратой полученной извне энергии поддержание и самовоспроизведение специфических структур. В основе этих структур лежат молекулы белков, нуклеиновых кислот и др. При этом ни нуклеиновые кислоты, ни белки сами по себе не являются основой жизни. Они становятся ею лишь тогда, когда находятся и функционируют в клетках. Вне клеток это просто химические соединения.

Учение о живой природе является частью человеческой культуры. Значительна роль биологии в формировании мировоззрения, в осознании человеком своей роли в окружающем мире. Изучение биологии формирует научное мышление каждого человека и помогает в познании окружающего мира. Развитие биологии обусловлено как интересами практики, так и потребностями всего общества (проблемы медицины, задачи сельскохозяйственного производства и т. д.).



Моя лаборатория

Развитие биологии как науки. Биология — одна из древнейших наук, хотя сам термин «биология» был предложен лишь в 1797 г. немецким профессором **Теодором Рузе** (1771—1803). Общепринятым, однако, он стал в первой половине XIX в., после того как его начали употреблять в своих работах другие учёные-естествоиспытатели того времени.

Современная биология уходит корнями в древность и связана с развитием цивилизации в странах Средиземноморья. Нам известны имена многих выдающихся учёных, внёсших вклад в развитие биологии. Назовём лишь некоторых из них.

Аристотель (384—322 до н. э.) делил окружающий мир на четыре царства (неодушевлённый мир земли, воды и воздуха, мир растений, мир животных и мир человека). Он описал многих животных, положил начало систематике. В написанных им четырёх биологических трактатах содержались практически все известные к тому времени сведения о животных. Заслуги Аристотеля настолько велики, что его считают основоположником зоологии.

Теофраст (372—287 до н. э.) изучал растения. Им описано более 500 видов растений, даны сведения о строении и размножении многих из них, введено в употребление большинство ботанических терминов. Его считают основоположником ботаники.

Гай Плиний Старший (ок. 23—79 н. э.) собрал известные к тому времени сведения о живых организмах и написал 37 томов энциклопедии «Естественная история». До эпохи Средних веков эта энциклопедия была главным источником знаний о природе.

В Средние века господствовала религия. Подобно другим наукам, биология в этот период ещё не выделилась в самостоятельную область и существовала в общем русле религиозно-философских взглядов. И хотя накопление знаний о живых организмах продолжалось, о биологии как науке в тот период можно говорить лишь условно. Эпоха Возрождения является переходной от культуры Средних веков к культуре Нового времени. Коренные социально-экономические преобразования того времени сопровождались новыми открытиями в науке.

Самый известный учёный этой эпохи **Леонардо да Винчи** (1452—1519) внёс определённый вклад и в развитие биологии. Он изучал полёт птиц, описал многие растения, способы соединения костей, суставов, деятельность сердца и зрительную функцию глаза, сходство костей человека и животных.



Во второй половине XV в. быстрое развитие получили естественно-научные знания. Этому способствовали географические открытия, позволившие существенно расширить знания о животных и растениях. Быстрое накопление научных знаний о живых организмах вело к разделению биологии на самостоятельные науки.

В XVI—XVII вв. стали стремительно развиваться ботаника и зоология. К середине XVII в. учёные создали систему увеличительных линз, позволяющих лучше разглядеть и подробнее описать исследуемые объекты. Как вам уже известно, в 1665 г. **Роберт Гук** (1635—1703) впервые применил усовершенствованный микроскоп для исследования организмов. Именно он рассмотрел и описал поры и ячейки на тонких срезах стеблей различных растений, которым он дал название клетки. В этот период были открыты невидимые для невооружённого глаза микроскопически малые живые организмы — бактерии и простейшие.

Большой вклад в развитие биологии внёс **Карл Линней** (1707—1778), предложивший систему классификации животных и растений, он применил бинарную номенклатуру (двойное название вида: по роду и виду).

В 1808 г. в своей работе «Философия зоологии» **Жан Батист Ламарк** (1774—1829) ставит вопрос о причинах и механизмах эволюционных преобразований, излагает первую по времени теорию эволюции.

В 1781 г. **Феличе Фонтана** (1730—1805) зарисовал клетки животных и их ядра, затем **Ян Пуркинье** (1787—1869) описал клеточное ядро и ввёл термин *протоплазма* (греч. *protos* — первый и *plasma* — оформленное).

Огромную роль в развитии биологии сыграла клеточная теория, которая научно подтвердила единство живого мира и по-



К. Линней
(1707—1778)



Ж. Б. Ламарк
(1774—1829)



Р. Кох
(1843—1910)

служила одной из предпосылок возникновения теории эволюции **Чарльза Дарвина** (1809—1882). Авторами клеточной теории считают зоолога **Теодора Шванна** (1818—1882) и ботаника **Маттиаса Якоба Шлейдена** (1804—1881).

Очень важным дополнением к клеточной теории стал принцип **Рудольфа Вирхова** (1821—1902): «каждая клетка — из клетки» (1859 г.). Позднее **Вальтер Флеминг** (1844—1905) описал механизм клеточного деления — *митоз*. **Оскар Гертвиг** (1849—1922) и **Эдуард Страсбургер** (1844—1912) независимо друг от друга пришли к выводу о том, что информация о наследственных признаках клетки заключена в ядре. В 1892 г. **Илья Ильич Мечников** (1845—1916) открыл явление фагоцитоза. Так, работами многих исследователей была создана современная клеточная теория.

В XIX в. благодаря работам **Луи Пастера** (1822—1895), **Роберта Коха** (1843—1910) в качестве самостоятельной науки оформились микробиология, паразитология и экология.

XX век начался с того, что был переосмыслен вклад **Грегора Менделя** (1822—1884) в открытие основных законов генетики, что ознаменовало собой начало её развития как науки. В 40—50-е гг. прошлого века в биологии стали широко использоваться идеи и методы физики, химии, математики, кибернетики и других наук, а в качестве объектов исследования — микроорганизмы. В результате возникли и стали бурно развиваться как самостоятельные науки биофизика, биохимия, молекулярная биология, радиационная биология, бионика и др. Исследования в космосе способствовали зарождению и развитию космической биологии.

В XX в. появилось новое направление прикладных биологических исследований — биотехнология. Это направление, несомненно, будет стремительно развиваться и в XXI в. Более подробно об этом вы узнаете при изучении главы «Основы селекции и биотехнологии».



Об этих и других учёных-биологах прочитайте на сайте www.elementy.ru в разделе «Биографии».



Как подготовить сообщение и успешно выступить с ним

Сообщение — устное изложение какой-либо информации, обмен мыслями между людьми.

1. Готовьтесь к выступлению.
2. Определите цель своего выступления.
3. Подберите и изучите основные источники информации по теме (не менее 2—3 источников).
4. Определите структуру своего выступления. Выступление должно содержать следующие этапы:
 - вступление (обоснование заявленной темы);
 - основную часть (основные вопросы содержания темы);
 - заключение (обобщение сказанного).
5. Оформите сообщение и положите его в папку своих личных достижений — портфолио.

1. Каковы основные характеристики науки?
 2. В чём заключаются основная цель и задача науки?
 3. Какие направления в развитии биологии вы можете выделить?
 4. Почему очень сложно дать определение понятию «жизнь»?
1. Проведите сравнительный анализ процессов роста, размножения и обмена веществ в неживой природе и у живых организмов.
 2. Постройте схему, показывающую место биологии в системе наук.

**Наука.
Биология.
Жизнь.**



ПОДУМАЙТЕ!

Какие направления развития биологической науки наиболее актуальны в настоящее время? Какие из них будут активно развиваться и почему?



§ 2.

**МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ. ЗНАЧЕНИЕ БИОЛОГИИ****ВСПОМНИТЕ**

1. Чем наука отличается от религии и искусства?
2. Какова основная цель науки?
3. Какие научные методы исследования вы знаете?

Методы биологических исследований. Научный метод (греч. *methodos* — путь исследования) — это совокупность приёмов и операций, используемых при построении системы научных знаний. Основными методами исследования, используемыми в биологических науках, являются *описательный*,

сравнительный, исторический и экспериментальный.

Вся история развития биологии наглядно свидетельствует о том, что эта наука определялась разработкой и применением новых методов исследования. Благодаря появлению в XX в. новых приборов для проведения биологических исследований ведущим в биологии стал экспериментальный метод.

Значение биологии для понимания научной картины мира. Биология вносит существенный вклад в понимание человеком научной картины мира, основанной на систематизации установленных в ходе научных исследований научных фактов и их обобщении до уровня теорий, правил и законов. Биологические исследования, как и исследования в других областях науки, характеризуются объективностью.

Научное исследование, как правило, состоит из двух этапов: эмпирического (греч. *empeirikos* — полученный из опыта) и теоретического (рис. 1). Сначала на основании собранных фактов учёным формулируется проблема исследования. Для её решения выдвигаются **гипотезы** (греч. *hypothesis* — предположение), каждая из которых проверяется экспериментально, путём применения соответствующих методов исследования, в процессе чего могут быть получены новые научные факты. Если эти факты противоречат выдвинутой гипотезе, то она отвергается. Если же гипотеза согласуется с полученными фактами и позволяет делать верные прогнозы, то она может стать **теорией** (греч. *theoria* — исследование). Однако даже верная теория по мере накопления новых фактов может пересматриваться и уточняться.

Некоторые теории устанавливают связи между различными явлениями. Это **правила и законы**. Из правил возможны исключения, а законы действуют всегда. Например, закон сохранения энергии справедлив как для живой, так и для неживой природы.



Рис. 1. Этапы научного исследования

Значение биологической науки в деятельности человека. Применение адекватных современных методов научного исследования коренным образом преобразило биологию, расширило её познавательные возможности и открыло новые пути для использования биологических знаний во всех сферах человеческой деятельности. Благодаря достижениям биологии промышленным путём получают медицинские препараты, витамины, биологически активные вещества. Открытия, сделанные в генетике, анатомии, физиологии и биохимии, позволяют поставить больному человеку правильный диагноз и выработать эффективные пути лечения и профилактики различных болезней, в том числе и тех, которые раньше считались неизлечимыми.

Используя знания законов наследственности и изменчивости, учёные-селекционеры получают новые высокопродуктивные породы домашних животных и сорта культурных растений. На основе изучения взаимоотношений между организмами созданы биологические методы борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Изучение строения и принципов работы различных систем живых организмов помогло найти оригинальные решения в технике и строительстве.



Моя лаборатория

Описательный метод широко применялся ещё учёными древности, которые занимались сбором фактического материала и его описанием. В основе этого метода лежит наблюдение. Практически до XVIII в. биологи в основном занимались изучением и описанием животных и растений, делали попытки первичной систематизации накопленного материала. Но описательный метод не потерял своего значения и сегодня. Например, он используется при открытии новых видов или изучении клеток с помощью современных методов исследования.

Сравнительный метод стал применяться в XVII в. и позволил выявлять сходства и различия между организмами и их частями. Использование сравнительного метода позволило получить данные, необходимые для систематизации растений и животных. В XIX в. метод был использован при разработке клеточной теории и обосновании теории эволюции, а также в перестройке ряда биологических наук на основе этой теории. В наше время сравнительный метод широко применяется в различных биологических науках. Однако если бы в биологии использовались лишь описательный и сравнительный методы, то она так и осталась бы в рамках констатирующей науки.

Исторический метод помогает осмыслить полученные факты, сопоставить их с ранее известными результатами. Этот метод стал широко применяться во второй половине XIX в. благодаря работам Ч. Дарвина, который с его помощью научно обосновал закономерности появления и развития организмов, становления их структур и функций во времени и пространстве. Применение исторического метода позволило превратить биологию из науки описательной в науку, объясняющую происхождение и функционирование многообразных живых систем.

Экспериментальный метод. Применение экспериментального метода в биологии связывают с именем **Уильяма Гарвея** (1578—1657), который использовал его в своих исследованиях при изучении кровообращения. Но широко применять в биологии этот метод стали лишь с начала XIX в., прежде всего при изучении физиологических процессов. Экспериментальный метод позволяет изучать то или иное явление жизни с помощью опыта.

Большой вклад в утверждение экспериментального метода в биологии внёс Г. Мендель. Он, изучая наследственность и изменчивость организмов, впервые использовал эксперимент не только



для получения данных об изучаемых явлениях, но и для проверки гипотезы, формулируемой на основании получаемых результатов. Работа Г. Менделя стала классическим образцом методологии экспериментальной науки.

В биологических исследованиях всё шире применяют *моделирование*, которое считают высшей формой эксперимента. Так, ведутся активные работы по *компьютерному моделированию* важнейших биологических процессов, основных направлений эволюции, развития экосистем или даже всей биосферы (например, в случае глобальных климатических или техногенных изменений).

В настоящее время в биологии широко применяют различные виды микроскопии (в том числе электронную), *биохимические методы*, *разнообразные методы культивирования и прижизненного наблюдения* культур клеток, тканей и органов, *метод меченых атомов*, *рентгеноструктурный анализ*, *ультрацентрифугирование*, *хроматографию* и т. д.

1. Что такое научный метод?
Какие методы научного исследования вам известны? Какие из них применяют в биологии? Приведите примеры.
2. Каково значение биологии для понимания научной картины мира?
3. Каково значение биологической науки в деятельности человека? Ответ подтвердите конкретными примерами.



Используя рекомендации на с. 11, подготовьте сообщение на одну из следующих тем:

1. Роль биологии в современном обществе.
2. Роль биологии в космических исследованиях.
3. Роль биологических исследований в современной медицине.
4. Вклад отечественных учёных в развитие биологии.



**Научный метод.
Метод исследования.
Гипотеза.
Теория.
Правило.
Закон.**



ПОДУМАЙТЕ!

Почему можно утверждать, что развитие биологии определялось разработкой и применением новых научных методов исследования?



ВЫВОДЫ

Наука — сфера человеческой деятельности, целью которой является изучение и познание окружающего мира. Главная задача науки — построение системы достоверного знания, основанного на фактах и обобщениях, которые можно подтвердить или опровергнуть.

В настоящее время биология представляет собой совокупность наук о живой природе. Объектами изучения биологии являются различные проявления жизни. Биологические знания используются во всех сферах человеческой деятельности: в промышленности и сельском хозяйстве, медицине, энергетике и др.

Жизнь — это активное, идущее с затратой полученной извне энергии поддержание и самовоспроизведение специфических структур. В основе этих структур лежат молекулы белков, нуклеиновых кислот и др. При этом ни нуклеиновые кислоты, ни белки сами по себе не являются основой жизни. Они становятся ею лишь тогда, когда находятся и функционируют в клетках. Вне клеток это просто химические соединения.

Основными методами исследования, применяемыми в биологических науках, являются описательный, сравнительный, исторический и экспериментальный. Экспериментальный метод — ведущий метод в биологии.

Биология вносит существенный вклад в понимание человеком научной картины мира. Применение современных методов научного исследования расширяет познавательные возможности биологии и открывает новые пути для использования биологических знаний во всех сферах человеческой деятельности.

Основы цитологии — науки о клетке

ГЛАВА 1

Изучением строения клетки и принципов её жизнедеятельности занимается наука цитология. Это одна из главнейших биологических дисциплин, так как вне клетки жизнь невозможна.



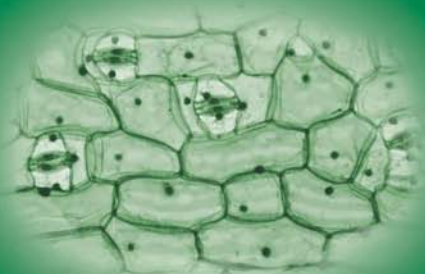
Т. Шванн

ВЫ УЗНАЕТЕ

- о предмете, задачах и методах исследования цитологии как науки;
- основные положения клеточной теории;
- о клетке как структурной и функциональной единице живого, её химическом составе и особенностях обмена веществ.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- применять некоторые методы научных исследований для изучения клетки;
- характеризовать особенности строения клеток бактерий, грибов, животных и растений.





§ 3. ЦИТОЛОГИЯ — НАУКА О КЛЕТКЕ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое клетка?
2. Каковы размеры клеток?
3. Какие приборы используют для изучения клеток?

энергией с окружающей средой, реагировать на изменения, происходящие в этой среде, и т. д. Все эти проявления жизнедеятельности и составляют предмет цитологических исследований, задачами которых являются познание сущности, раскрытие механизмов протекания и регуляции процессов, происходящих в клетках. Решение этих задач невозможно без всестороннего изучения особенностей строения клеток у различных организмов.

Для изучения строения и жизнедеятельности клеток применяют самые разнообразные методы. Исторически первым методом стала **световая микроскопия**. Световые микроскопы широко применяют и в настоящее время, однако с их помощью невозможно изучать объекты, размер которых меньше длины световой волны (400—800 нм). Это связано с тем,

что световая волна не может быть отражена очень маленьким предметом, поскольку огибает его. Поэтому у физиков возникла идея использовать вместо луча света пучок электронов, которые способны отражаться от мельчайших объектов. Так, в начале 30-х гг. XX в. был создан **электронный микроскоп** (рис. 2), давший возможность увидеть составные части клеток размером всего 1 нм.

Если требуется проследить за каким-либо химическим соединением в клетке, то можно, применив метод **радиографии**, заменить один из атомов в его молекуле на радиоактивный изотоп. Тогда молекула изучаемого соединения будет иметь радио-



Рис. 2. Электронный микроскоп



активную метку, по которой её можно обнаружить с помощью счётчика радиоактивных частиц или благодаря её способности засвечивать фотоплёнку. Чаще всего в качестве радиоактивной метки используют изотопы водорода (^3H), углерода (^{14}C) и фосфора (^{32}P).

Для выделения и изучения отдельных органоидов клетки используют метод **ультрацентрифугирования**: разрушенные клетки помещают в пробирки и вращают с очень большой скоростью в особых приборах — *центрифугах* (рис. 3). В распоряжении учёных в настоящее время также имеется целый ряд химических и физических методов, позволяющих выделять и исследовать различные виды молекул, входящих в состав клетки.

Значение цитологических исследований. Как вы уже знаете, все живые организмы — бактерии, грибы, растения, животные — состоят из клеток.

Основная причина возникновения болезни — повреждение или гибель клеток в какой-либо системе органов. Например, при слишком большой нагрузке на конечность, клетки костной ткани разрушаются, и происходит перелом. При инфекционных заболеваниях также происходит гибель клеток какой-либо ткани: при гепатите вирусы поражают клетки печени; при малярии плазмодии разрушают эритроциты крови; при холере бактерии поражают клетки кишечника. В результате развития этих заболеваний может погибнуть весь организм.

Такое тяжёлое заболевание, как рак, начинается с ошибок при делении отдельных клеток, когда возникают клетки, склонные к бесконтрольному делению, которое приводит к образованию опухолей, а затем и её вторичных очагов — метастаз.

Из сказанного следует, что для устранения болезни необходимо целенаправленно лечить поражённые клетки. Например, при диабете (когда клетки поджелудочной железы не вырабатывают гормон инсулин) врачи пересаживают больному стволовые клетки, которые, вырабатывая инсулин, способны заменить погибшие или неработающие клетки диабетика. Чтобы победить болезнь, надо хорошо понимать, что происходит в клетке, и научиться лечить её. Поэтому проведение цитологических исследований очень важно.

Необходимы знания по цитологии для создания новых пород животных и сортов растений, а также для получения нужных человеку веществ методами *генной и клеточной инженерии*.



Рис. 3. Центрифуга



Моя лаборатория

История изучения клетки неразрывно связана с изобретением и совершенствованием микроскопа. Считается, что первый микроскоп был изобретён голландским мастером по производству очков Хансом Янсенсом вместе со своим сыном Захарием в 1590 г.

Впервые микроскоп для научных исследований применил английский естествоиспытатель Р. Гук. В 1665 г. он, пытаясь понять, почему кора пробкового дерева так хорошо плавает, стал рассматривать тонкие срезы пробки в усовершенствованный им микроскоп. Он обнаружил, что пробка имеет ячеистое строение, подобное пчелиным сотам. Эти ячейки Гук назвал клетками.

Вслед за Гуком клеточное строение растений подтвердили итальянский врач, биолог М. Мальпиги (1675) и английский ботаник Н. Грю (1682). Их внимание привлекли форма клеток и строение их оболочек. В результате было дано представление о клетках как о «мешочках» или «пузырьках», наполненных «питательным соком».

В 1674 г. голландский натуралист Антони ван Левенгук с помощью микроскопа впервые увидел в капле воды «зверьков» — движущиеся живые организмы и сообщил об этом научному обществу. Он писал: «С величайшим изумлением я увидел в капле великое множество зверюшек, оживлённо двигающихся во всех направлениях, как щука в воде. Самое мелкое из этих крошечных животных в тысячу раз меньше глаза взрослой вши».

Так был открыт не известный ранее мир микроорганизмов. Описания этих «зверьков» («анималькусов») принесли голландцу мировую известность и пробудили всеобщий интерес к изучению живого микромира.

В 1693 г. во время пребывания Петра I в Голландии А. Левенгук продемонстрировал ему, как движется кровь в плавнике рыбы. Эти демонстрации произвели на Петра I такое большое впечатление, что, вернувшись в Россию, он создал мастерскую оптических приборов.

Дальнейшее усовершенствование микроскопа и интенсивные исследования привели к установлению того факта, что все растения и животные состоят из клеток. В 1831 г. британский ботаник Р. Броун впервые описал ядро в клетках растений, а позднее он пришёл к выводу, что ядро является обязательной частью растительной клетки. Таким образом, в это время меняется представление о строении клеток: главным в организации клетки стала считаться не клеточная стенка, а её содержимое.



Многочисленные наблюдения по строению клетки, систематизация накопленных данных позволили немецкому зоологу Т. Шванну в 1839 г. сделать ряд обобщений, которые впоследствии называли клеточной теорией. Ф. Энгельс утверждал, что создание клеточной теории, наряду с законом превращения энергии и эволюционной теорией, одно из величайших открытий в естествознании XIX века.

Создание в середине XX века электронного микроскопа позволило учёным изучить клетку значительно лучше, чем при помощи светового микроскопа. Теперь учёные обрели полную уверенность, что их суждения о клетке и её органоидах действительно правильные, что послужило очередным толчком к развитию биологии.

1. Что изучает цитология как наука? Каковы её предмет и задачи?
2. Какие методы исследования цитологии вы знаете?
3. В чём заключается отличие светового микроскопа от электронного?
4. Для чего применяют метод радиографии?
5. Каково значение цитологических исследований для развития биологических наук, медицины, сельского хозяйства?



Световая микроскопия.
Электронный микроскоп.
Радиография.
Ультрацентрифугирование.

**ПОДУМАЙТЕ!**

Можно ли с помощью электронного микроскопа увидеть бактериальную клетку диаметром 20 мкм?

§ 4.

1. Кто впервые описал клетки как структурные элементы организмов?
2. Какие черты сходства и различия наблюдаются между клетками растений, животных и бактерий?
3. Все ли организмы на Земле имеют клеточное строение?

Клетка обладает всеми признаками живого организма, при этом она должна поддерживать свою форму, получать извне вещества для пластического и энергетического обмена, синтезировать орга-

Основные компоненты клетки. Обязательными компонентами живой клетки являются **плазматическая мембрана, цитоплазма и генетический аппарат**, отвечающий за реализацию в клетке наследственной информации. Остальные клеточные компоненты различаются у разных групп организмов. Выявленные закономерности в строении и жизнедеятельности клеток различных организмов позволили сформулировать основные положения важнейшего биологического обобщения — **клеточной теории**.

1) Клетка является универсальной структурной и функциональной единицей живого.

2) Все клетки имеют сходное строение, химический состав и общие принципы жизнедеятельности.

3) Клетки образуются только при делении исходных клеток.

4) Клетки способны к самостоятельной жизнедеятельности, но в многоклеточных организмах их работа скоординирована, и организм представляет собой целостную систему.

5) Именно благодаря деятельности клеток в многоклеточных организмах осуществляется обмен веществ и энергии, рост и размножение.



Моя лаборатория

Основоположниками клеточной теории по праву считают немецких учёных Т. Шванна и М. Шлейдена.

В 1838 г. вышла книга немецкого ботаника М. Шлейдена «Материалы к филогенезу», в которой он высказал идею о том, что клетка является основной структурной единицей растений, и поставил вопрос о возникновении новых клеток в организме.

Основываясь на работах М. Шлейдена, немецкий физиолог Т. Шванн всего через год опубликовал книгу «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений». В книге была изложена первая версия клеточной теории. Основные пункты этой теории были такими: все живые существа состоят из клеток; все клетки имеют сходное строение, химический состав и общие принципы жизнедеятельности; каждая клетка самостоятельна; деятельность организма является суммой процессов жизнедеятельности составляющих его клеток.

1. Какие свойства объединяют все клетки организмов?
2. Каковы основные компоненты любой клетки?
3. Каковы основные положения современной клеточной теории?
4. Какое значение имела клеточная теория для развития биологии?



1. Охарактеризуйте основные этапы истории открытия и изучения клетки.
2. Сравните положения клеточной теории, сформулированные М. Шлейденом и Т. Шванном, с современными. Как повлияло развитие биологии на формулировку клеточной теории?



Плазматическая мембрана. Цитоплазма. Генетический аппарат. Клеточная теория.



ПОДУМАЙТЕ!

Что сдерживало развитие клеточной теории с момента начала изучения клетки?



§ 5. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТКИ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое химический элемент?
2. Какие вещества называют неорганическими? органическими?
3. Какова роль воды в живых организмах?

Химический состав клетки. По химическому составу клетки разных организмов и даже клетки, выполняющие различные функции в одном многоклеточном организме, могут существенно отличаться друг от друга. В то же время разные клетки включают в себя практически одни и те же химические элементы. Сходство элементарного химического состава клеток разных организмов доказывает единство живой природы. Вместе с тем нет ни одного химического элемента, содержащегося в живых организмах, который не был бы найден в телах неживой природы. Это указывает на общность живой и неживой природы.

Элементы, входящие в состав организмов, могут быть составными частями молекул разнообразных неорганических и органических соединений либо находиться в форме ионов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} и др.). Соединения азота, фосфора, кальция и другие неорганические вещества используются для синтеза молекул органических веществ.

Соотношение химических элементов в клетках различно (рис. 4). Так, примерно 98% от массы любой клетки приходится на четыре элемента: кислород (72%), углерод (15%), водород (8%) и азот (3%). Около 2% от массы клетки приходится на следующие восемь элементов: калий, натрий, кальций, хлор, магний, железо, фосфор и серу.

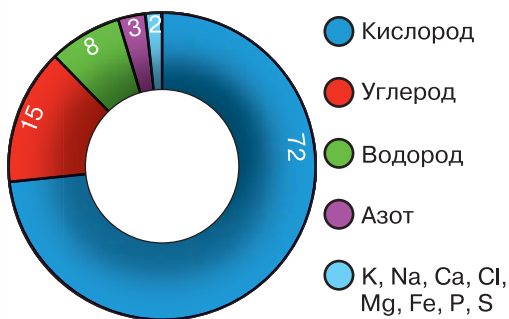


Рис. 4. Процентное соотношение элементов в клетке

Химический состав клетки. По химическому составу клетки разных организмов и даже клетки, выполняющие различные функции в одном многоклеточном организме, могут существенно отличаться друг от друга. В то же время разные клетки включают в себя практически одни и те же химические элементы. Сходство элементарного химического состава

элементов, входящие в состав организмов, могут быть составными частями молекул разнообразных неорганических и органических соединений либо находиться в форме ионов (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-} и др.). Соединения азота, фосфора, кальция и другие неорганические вещества используются для синтеза молекул органических веществ.

Соотношение химических элементов в клетках различно (рис. 4). Так, примерно 98% от массы любой клетки приходится на четыре элемента: кислород (72%), углерод (15%), водород (8%) и азот (3%). Около 2% от массы клетки приходится на следующие восемь элементов: калий, натрий, кальций, хлор, магний, железо, фосфор и серу. Остальные химические элементы содержатся в клетке в крайне малом количестве. Углерод входит в состав всех органических соединений. Его атомы способны образовывать цепочки практически любой длины. Углеродные цепочки обеспечивают многообразие органических соединений. Многие органические соединения,



входящие в состав клеток, характеризуются большим размером молекул. Такие макромолекулы обычно состоят из повторяющихся, сходных по структуре соединений. Эти соединения получили название *мономеров* (греч. *mónos* — один). Образованную мономерами макромолекулу называют *полимером* (греч. *póly* — много). Молекула полимера может состоять из многих тысяч соединённых между собой мономеров, которые могут быть одинаковыми (рис. 5, а) или разными (рис. 5, б).

Полимеры, входящие в состав клеток, называют биологическими полимерами или *биополимерами*. Свойства биополимеров зависят от строения их молекул: от числа и разнообразия мономерных звеньев.

Роль неорганических и органических веществ в клетке. Среди неорганических веществ клетки на первом месте по массе стоит **вода**. Так, в бактериальных и животных клетках её содержание составляет примерно 70%, а в растительных — 90%. В организме человека на долю воды приходится 65%. Вода выполняет множество функций: сохранение объёма и упругости клетки, растворение различных веществ. В клетке большая часть химических реакций протекает в водных растворах. Чем выше интенсивность обмена веществ в той или иной клетке, тем больше в ней содержится воды.

Углеводы, или сахараиды, входят в состав клеток всех живых организмов. Своё название они получили потому, что у большинства из них соотношение водорода и кислорода в молекуле такое же, как и в молекуле воды. Общая формула углеводов — $(\text{CH}_2\text{O})_n$, где n — целое число не меньше 3, например формула *глюкозы* — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Основная функция углеводов — энергетическая. При их ферментативном расщеплении и окислении выделяется энергия, которая обеспечивает жизнедеятельность организма.

Очень важной является также структурная, или строительная, функция углеводов. Сложные углеводы (полисахариды) входят в состав межклеточного вещества кожи, сухожилий, хрящей, придавая им прочность и эластичность.

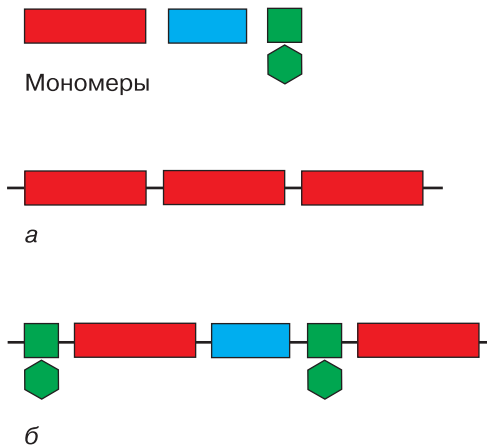


Рис. 5. Полимеры, состоящие из одинаковых (а) и разных (б) мономеров



Липиды (греч. *lipos* — жир) — обширная группа жиров и жироподобных веществ, которые содержатся во всех живых клетках. Они практически нерастворимы в воде, но хорошо растворимы в органических растворителях (бензин, хлороформ, эфир и др.). Наиболее простые и широко распространённые липиды — *жиры*. Одна из основных функций жиров — энергетическая. Жиры дают энергии в 2 раза больше, чем углеводы, взятые в той же массе. Кроме того, липиды выполняют защитную и регуляторную функции. Многие производные липидов (например, витамины А, D, Е) участвуют в обменных процессах, происходящих в организме, выполняя регуляторную функцию.

Белки — самые многочисленные среди органических веществ. Это наиболее разнообразные, имеющие важнейшее значение биополимеры. Мономерами белков являются **аминокислоты**. Бесконечное разнообразие белков создаётся за счёт различного сочетания всего 20 аминокислот.

Важнейшими функциями белковых молекул являются: структурная (строительная), ферментативная, регуляторная (гормональная) и транспортная.

Нуклеиновые кислоты содержатся во всех клетках, это самые крупные молекулы, которые образуют живые организмы. Нуклеиновые кислоты представляют собой единую систему, направленную на хранение и реализацию наследственной информации через синтез белков в клетке. В клетках имеется два типа нуклеиновых кислот: *дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)* и *рибонуклеиновая кислота (РНК)*. Они являются биополимерами, состоящими из мономеров — **нуклеотидов**.

Каждый нуклеотид состоит из трёх компонентов, соединённых химическими связями. Это — *азотистое основание, углевод (рибоза или дезоксирибоза)* и *остаток фосфорной кислоты*. Азотистые основания (*аденин, гуанин, цитозин, тимин и урацил*) определяют тип нуклеотида: *адениловый (А), гуаниловый (Г), цитидиловый (Ц), тимидиловый (Т), урациловый (У)*.

Каждая цепь ДНК или РНК является полинуклеотидом, состоящим из нескольких десятков тысяч нуклеотидов.

Нуклеотиды также являются структурной основой целого ряда важных для жизнедеятельности клетки органических веществ. К таким соединениям относятся высокоэнергетические соединения, например *аденозинтрифосфорная кислота (АТФ)* — универсальный хранитель и переносчик энергии в клетке.



Моя лаборатория

Все элементы по содержанию в живых организмах разделяют на три группы:

- макроэлементы (до 0,001% от массы клетки);
- микроэлементы (от 0,001 до 0,000001% от массы клетки);
- ультрамикроэлементы (не более 0,000001% от массы клетки).

Элементы, входящие в состав клеток организмов, %		
Макроэлементы	Микроэлементы	Ультрамикроэлементы
Кислород, 65—75	Бор	Уран
Углерод, 15—18	Кобальт	Радий
Азот, 1,5—3	Медь	Золото
Водород, 8—10	Молибден	Ртуть
Магний, 0,02—0,03	Цинк	Бериллий
Калий, 0,15—0,4	Ванадий	Цезий
Натрий, 0,02—0,03	Иод	Селен
Кальций, 0,04—2,00	Бром	
Железо, 0,01—0,15		
Сера, 0,15—0,2		
Фосфор, 0,2—1,00		

1. Какие химические элементы входят в состав клетки?
2. Какова роль воды в клетке?
3. Какие функции выполняют углеводы в клетке?
4. Какие функции белков вам известны?
5. Какова роль нуклеиновых кислот в клетке?
6. Какую функцию выполняет АТФ?
7. Объясните, почему считают, что углерод составляет химическую основу жизни.



Углеводы.
Липиды.
Белки.
Аминокислоты.
Нуклеиновые кислоты:
ДНК и РНК.
Нуклеотиды.
АТФ.



ПОДУМАЙТЕ!

Почему можно утверждать, что химический состав клетки служит доказательством единства живой природы и общности живой и неживой природы?



§ 6. СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ

ВСПОМНИТЕ

1. Каковы основные компоненты любой клетки?
2. От чего зависят особенности строения клеток у разных организмов?

погружены многочисленные молекулы *мембранных белков* (рис. 7).

Ядро — важная структура клетки. Ядро отделено от цитоплазмы ядерной оболочкой. Оно оформляет генетический аппарат клетки и представляет собой своеобразный центр управления и хранилище наследственной информации. В ядре локализовано более 90% клеточной ДНК. Содержимое ядра называют *кариоплазмой*. В ней располагаются **хромосомы** и **ядрышки**.

Цитоплазма — это внутреннее содержимое клетки, исключая её ядерный аппарат. Основное вещество цитоплазмы представляет собой густой бесцветный раствор, основу которого составляет вода (70—90% от общей массы). В нём содержится много белков, встре-

чаются также липиды и различные неорганические соединения. В цитоплазме протекают многочисленные биохимические реакции и содержатся различные органоиды клетки. Цитоплазма постоянно перемещается, что хорошо заметно по движению органоидов при наблюдении клетки в световой микроскоп.

Органоиды клетки и их функции. Среди основных органоидов клетки различают рибосомы, эндоплазматическую сеть, комплекс Гольджи, митохондрии, лизосомы, пластиды.

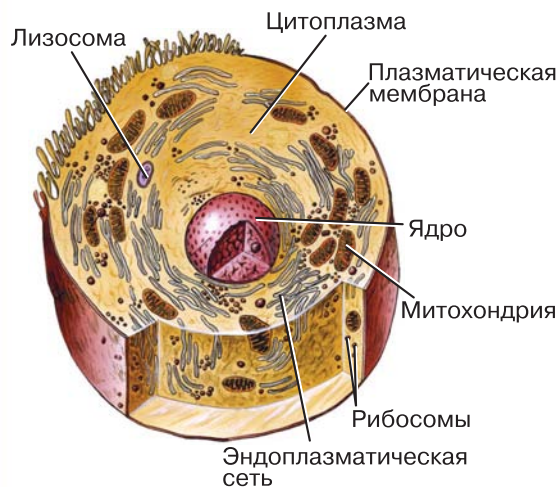


Рис. 6. Строение клетки

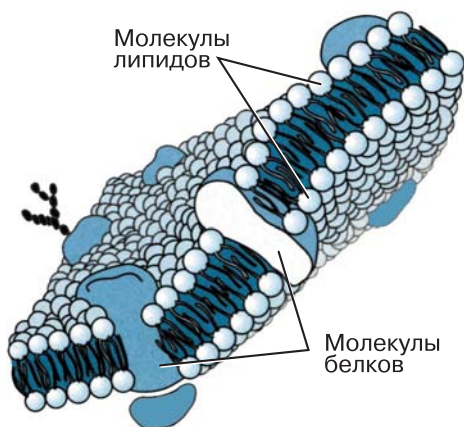


Рис. 7. Схема строения мембраны

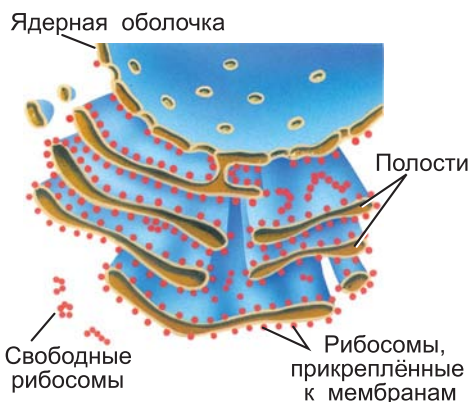


Рис. 8. Схема строения эндоплазматической сети

Рибосомы — органоиды, необходимые клетке для синтеза белка. Их размер составляет примерно 20—30 нм. В клетке их насчитывается несколько миллионов. Рибосомы состоят из двух субъединиц: большой и малой. Рибосомы формируются в области ядрышек, а затем через ядерные поры выходят в цитоплазму.

Эндоплазматическая сеть (ЭПС), или *эндоплазматический ретикулум*, представляет собой систему канальцев и полостей различной формы и величины (рис. 8), пронизывающих цитоплазму клетки. ЭПС образована мембраной, которая имеет такое же строение, как и плазматическая мембрана. Различают *гладкую* и *шероховатую (гранулярную)* ЭПС. На поверхности гладкой ЭПС идёт синтез углеводов и липидов. На поверхности шероховатой ЭПС расположено множество рибосом, поэтому именно здесь синтезируется большинство белков. Вещества, синтезированные на мембранах ЭПС, переносятся внутрь трубочек ретикулума и по ним транспортируются к местам накопления или использования.

Комплекс (аппарат) Гольджи — это система цистерн, в которых накапливаются вещества, синтезированные клеткой. Здесь же эти вещества претерпевают дальнейшие биохимические превращения, упаковываются в мембранные пузырьки и переносятся в те места цитоплазмы, где они необходимы, или же транспортируются к клеточной мембране и выходят за пределы клетки. Комплекс Гольджи построен из мембран и расположен рядом с ЭПС, но не

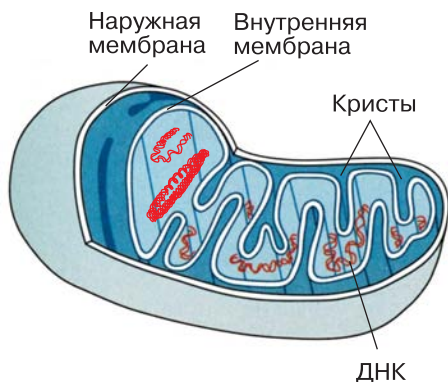


Рис. 9. Схема строения митохондрии

жиры, нуклеиновые кислоты. Все эти ферменты находятся в лизосомах в неактивном состоянии, иначе они бы разрушили мембрану лизосомы, вышли в цитоплазму и расщепили содержимое самой клетки. Формируются лизосомы в комплексе Гольджи.

Митохондрии (греч. *mitos* — нить и *chondrion* — зёрнышко) — органоиды, участвующие в энергетических процессах клетки. Они запасают энергию в виде АТФ. Форма митохондрий может быть различна: овальная, нитевидная, палочковидная. Митохондрии образованы двумя мембранами (рис. 9). Внешняя мембрана гладкая, а внутренняя образует многочисленные выпячивания — *кристы*, имеющие большую поверхность. В кристы встроены ферменты, которые участвуют в преобразовании питательных веществ в энергию АТФ.



Рис. 10. Схема строения хлоропласта

сообщается с её каналами. Поэтому все вещества, синтезированные на мембранах ЭПС, переносятся в комплекс Гольджи внутри мембранных пузырьков, которые отпочковываются от ЭПС и затем сливаются с комплексом Гольджи. Ещё одна важная функция комплекса Гольджи — сборка мембран клетки.

Лизосомы — мелкие мембранные пузырьки диаметром 0,4—1 мкм, каждый из которых может содержать около 50 видов пищеварительных ферментов, способных расщеплять белки, углеводы,

Различные организмы и даже различные ткани живых организмов содержат разное количество митохондрий в клетках. Например, сперматозоид имеет всего одну митохондрию, а вот клетки печени — до нескольких сотен митохондрий. Количество митохондрий в клетке зависит от её возраста: в молодых клетках митохондрий гораздо больше, чем в стареющих. Митохондрии содержат собственную ДНК, что позволяет им са-



мостоятельно размножаться. Так, перед делением клетки число митохондрий возрастает таким образом, чтобы их хватило на две клетки.

Пластиды — органоиды растительных клеток. Исключение составляют только клетки некоторых простейших, такие, как эвглена зелёная и вольвокс. Как и митохондрии, пластиды имеют двумембранную структуру и собственный генетический аппарат. Пластиды подразделяют на зелёные *хлоропласты*, содержащие хлорофилл; цветные *хромoplastы*, содержащие красные, оранжевые и фиолетовые пигменты, и бесцветные *лейкопласты*, выполняющие в основном запасные функции. Хлоропласты (рис. 10) — органоиды, участвующие в фотосинтезе. Под наружной гладкой мембраной находится внутренняя, складчатая мембрана. Хлоропласты содержат собственную ДНК и рибосомы.

Пластиды могут взаимопревращаться. Так, хлоропласты способны переходить в хромопласты, а лейкопласты — в хлоропласты.

1. Какое строение имеет мембрана клетки? Какие функции она выполняет?
2. Какова функция ядра в клетке?
3. Что такое цитоплазма и каковы её функции?
4. Каковы функции рибосом?
5. Докажите, что особенности строения ЭПС связаны с её функциями.
6. Какие функции выполняет комплекс Гольджи?
7. Чем можно объяснить изменение окраски листьев осенью и плодов при их созревании?



Митохондрии образно называют силовыми станциями клетки. Используя рисунок 9, опишите особенности строения митохондрий в связи с их функциями в клетке.

Ядро.
Хромосома.
Ядрышки.
Органоиды.
Рибосомы. ЭПС.
Комплекс
Гольджи.
Лизосомы.
Митохондрии.
Пластиды.



ПОДУМАЙТЕ!

Какой опыт можно провести для того, чтобы доказать роль ядра в клетке? Предложите объект исследования и соответствующие методы.



§ 7.

ОСОБЕННОСТИ КЛЕТОЧНОГО СТРОЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ. ВИРУСЫ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие царства живых существ вы знаете?
2. Какое питание называют автотрофным, а какое — гетеротрофным?
3. Какие болезни могут вызывать вирусы?

В зависимости от наличия или отсутствия ядра различают две большие группы клеточных организмов — надцарство **Эукариоты (ядерные)**, имеющие в клетках оформленное ядро, и надцарство **Прокариоты (безъядерные)** (греч. *sarxōn* — ядро).

Особенности строения клеток прокариот. Прокариоты — древнейшие организмы на Земле. Среди

прокариот выделяют царство Бактерии и царство Археи.

Прокариоты, как следует из их названия, не имеют в клетках оформленного ядра. Единственная кольцевая молекула ДНК, образующая генетический аппарат прокариот, располагается непосредственно в цитоплазме.

Клетки прокариот, как и клетки эукариот, покрыты плазматической мембраной. Но у прокариот плазматическая мембрана образует многочисленные впячивания внутрь клетки — *мезосомы*.

На них располагаются ферменты, обеспечивающие реакции обмена веществ. Поверх плазматической мембраны клетки прокариот, как правило, покрыты твёрдой *клеточной стенкой*, состоящей из углеводов (рис. 11). Клетки многих бактерий поверх клеточной стенки имеют также слизистую *капсулу*, защищающую их от высыхания.

В цитоплазме прокариотических клеток нет митохондрий, пластид, ЭПС, комплекса Гольджи, лизосом. Их функции выполняют мезосомы. Иногда клетки прокариот имеют жгутики.

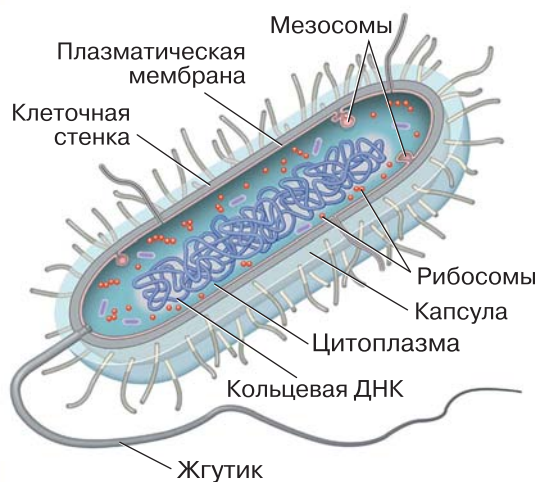


Рис. 11. Схема строения прокариотической клетки

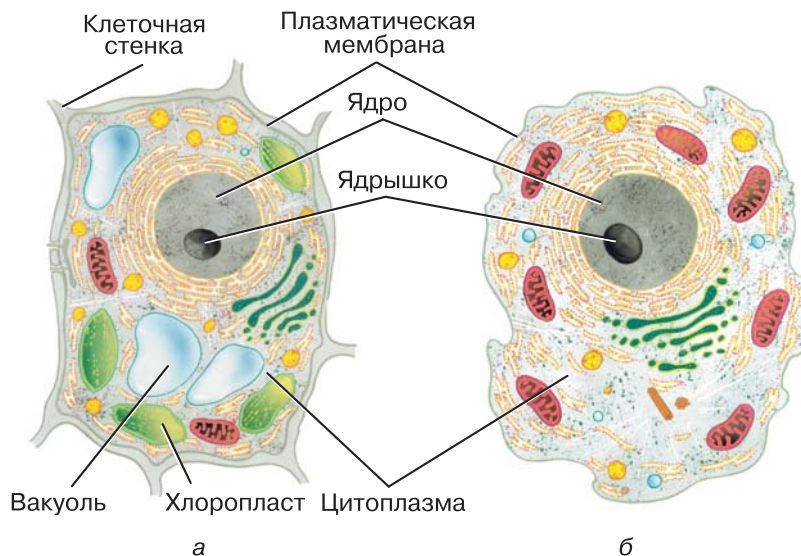


Рис. 12. Строение растительной (а) и (б) животной клеток

Особенности строения клеток эукариот. К эукариотам относят представителей царств растений, животных и грибов. Несмотря на очевидные различия, в строении клеток этих организмов можно обнаружить много сходных черт. Так, все эукариотические клетки содержат ядро и такие органоиды, как митохондрии, ЭПС, комплекс Гольджи и лизосомы.

Растительная клетка (рис. 12, а) поверх плазматической мембраны имеет клеточную стенку, состоящую из целлюлозы. Клеточная стенка защищает содержимое клетки и обеспечивает ей постоянную форму. У животной клетки (рис. 12, б) клеточная стенка отсутствует. Растительные клетки, как правило, имеют большие *вакуоли* — полости в цитоплазме, заполненные *клеточным соком* и ограниченные мембраной. Иногда вакуоль располагается в центре клетки и отодвигает ядро к периферии. В клетках растений содержатся также различные пластиды.

Грибы, как и животные, — гетеротрофы. Они питаются готовыми органическими соединениями, поэтому их клетки не содержат пластид. У клеток грибов поверх плазматической мембраны, как и у растений, имеется клеточная стенка, только состоит она из хитина, а не из целлюлозы. Запасным питательным веществом у грибов является углевод гликоген, как у животных, а не крахмал, как у растений.

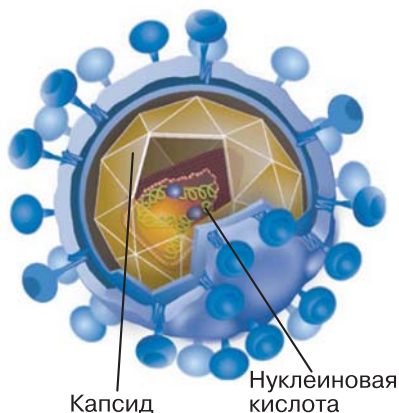


Рис. 13. Схема строения вируса

Вирусы. На рубеже XIX—XX вв. было обнаружено, что существует целый ряд болезней растений, животных и бактерий, возбудители которых имеют неклеточную природу. Эти неклеточные организмы были названы вирусами. Вирусные частицы представляют собой мельчайшие (20—300 нм) симметричные структуры, не имеющие клеточного строения (рис. 13). Каждый вирус содержит нуклеиновую кислоту (ДНК или РНК), заключённую в белковую оболочку, которую называют **капсидом**.

Вирусы не способны к самостоятельной жизнедеятельности вне клетки. Они могут проявлять свойства живого, только проникнув в клетку и используя её ресурсы.

Поселяясь в клетках живых организмов, вирусы вызывают многие опасные заболевания: у человека грипп, оспу, корь, полиомиелит, бешенство, СПИД и многие другие; у растений мозаичную болезнь табака, томатов, огурцов, скручивание листьев; у животных ящур, птичий грипп, инфекционную анемию лошадей и др.

Моя лаборатория



Строение клеток

1. Рассмотрите под микроскопом готовые микро-препараты растительных и животных клеток.
2. Зарисуйте по одной растительной и животной клетке. Подпишите их основные части, видимые в микроскоп.
3. Сравните строение растительной и животной клеток. Опираясь на имеющиеся у вас знания, сделайте вывод.
4. Сравните полученные изображения с рисунком 12 на с. 33.
5. Сделайте вывод о сходстве и различиях в строении клеток эукариот и прокариот.



Открытие вирусов. Учёные начали применять слово «вирус» для обозначения возбудителей инфекционных болезней с первой половины XVIII века. По мере накопления сведений об этих заболеваниях стало ясно, что далеко не все из них вызываются известными на тот момент возбудителями (бактериями, простейшими или микроскопическими грибами). Считалось, что любого возбудителя инфекционного заболевания можно выделить и вырастить на питательной среде. Однако в 1892 г. русский биолог Дмитрий Иосифович Ивановский (1864—1920) экспериментально доказал, что экстракт перетёртых листьев растений табака, поражённых мозаичной болезнью, сохраняет инфекционные свойства после пропускания через специальный бактериальный фильтр, поры которого меньше их размеров. В 1898 г. голландский микробиолог Мартин Бейеринк (1851—1931), повторив эксперименты Ивановского, пришёл к выводу, что прошедший сквозь фильтр инфекционный материал содержит новую форму инфекционного возбудителя. Он имеет сверхмалые размеры и не виден в световой микроскоп.

В настоящее время описано около 500 видов вирусов, поражающих клетки позвоночных животных, и около 300 вирусов растений. Некоторые вирусы участвуют в злокачественном перерождении клеток и тем самым провоцируют онкологические заболевания.

1. Чем эукариоты отличаются от прокариот?
2. Каковы особенности строения прокариотической клетки?
3. Чем растительная клетка отличается от животной?



1. Используя текст на с. 33–34, составьте сравнительную таблицу «Строение клеток грибов, растений и животных».
2. Объясните, чем вирусы отличаются от других живых организмов.

**Эукариоты.
Прокариоты.
Вирусы.
Капсид.**



ПОДУМАЙТЕ!

Какой опыт можно провести для того, чтобы доказать роль ядра в клетке? Предложите объект исследования и соответствующие методы.



§ 8.

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ В КЛЕТКЕ. ФОТОСИНТЕЗ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие организмы называют автотрофными?
2. Что такое АТФ?
3. Каково строение хлоропластов?

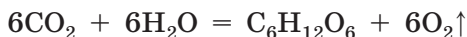
Обмен веществ и превращения энергии в клетке. Все организмы непрерывно обмениваются веществом и энергией с окружающей средой. Энергия необходима каждой клетке, чтобы осуществлять многочисленные реакции превращения веществ и биосинтеза тех

продуктов, которые она использует для процессов своей жизнедеятельности.

В клетке постоянно происходят процессы биосинтеза и распада органических соединений. Как правило, процессы распада осуществляются с участием кислорода, который расходуется на окисление органических веществ. Энергия АТФ используется для энергетических затрат клетки, в частности для обеспечения процессов биосинтеза. Синтез и распад представляют собой две стороны единого процесса обмена веществ и превращения энергии в клетке — **метаболизма**.

Фотосинтез. Основным источником энергии для всех живых существ нашей планеты служит солнечный свет. Однако непосредственно использовать энергию Солнца могут только автотрофные организмы. Типичными автотрофами являются зелёные растения. Они сами синтезируют органические вещества, получая из окружающей среды углекислый газ и воду. Этот процесс получил название **фотосинтеза**.

В основе фотосинтеза лежит превращение энергии света в энергию химических связей АТФ, которая, в свою очередь, даёт возможность превращать углекислый газ в углеводы (глюкозу). В целом процесс фотосинтеза может быть представлен в виде уравнения



Фотосинтезирующими органоидами растений служат хлоропласты, которые содержат зелёный пигмент хлорофилл. Этот пигмент обладает особой химической структурой, которая позволяет ему улавливать энергию света. Процесс фотосинтеза включает в себя две последовательные фазы: световую и темновую.

Световая фаза фотосинтеза протекает на внутренних мембранах хлоропластов. Там под действием света образуются богатые энер-



гией молекулы АТФ и ионы водорода, необходимые для последующей темновой фазы, связанной с фиксацией углекислого газа.

Необходимый для синтеза глюкозы водород образуется в результате фотолиза воды. **Фотолиз** — это процесс распада молекул воды ($\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$), протекающий под действием энергии света. Таким образом, кислород, выделяющийся в процессе фотосинтеза в атмосферу, образуется в результате фотолиза воды:



Темновая фаза фотосинтеза может осуществляться без непосредственного освещения и протекает в хлоропластах. В результате целого ряда последовательных биохимических превращений из углекислого газа и водорода образуется углевод — глюкоза.

Космическая роль фотосинтеза. Фотосинтез является одним из самых важных процессов на Земле. Он обуславливает природные круговороты углерода, кислорода и других элементов, обеспечивает материальную и энергетическую основу жизни на нашей планете.

С точки зрения продуктивности нет ни одного процесса, который мог бы сравниться с фотосинтезом. Появлению такого энергетического ресурса, как уголь, мы обязаны фотосинтезу.

Фотосинтез является единственным источником атмосферного кислорода. Жизнь во всём своём современном многообразии смогла сформироваться только благодаря процессу фотосинтеза, приведшему к образованию кислородной атмосферы и накоплению огромной массы органических соединений, ставших основой питания для гетеротрофных организмов.

1. Какие способы питания вам известны?
 2. Что служит источником энергии для синтеза АТФ в клетках автотрофов?
 3. Что такое фотосинтез?
 4. Откуда берётся кислород, образующийся в процессе фотосинтеза?
1. Объясните значение каждой фазы фотосинтеза.
 2. Докажите, что фотосинтез играет в природе космическую роль.

Метаболизм.
Фотосинтез.
Фотолиз.

ПОДУМАЙТЕ!

Каковы особенности питания клеток зелёных растений, не способных к фотосинтезу?



§ 9. БИОСИНТЕЗ БЕЛКОВ

ВСПОМНИТЕ

1. Из чего состоят молекулы белков?
2. От чего зависят свойства белка и выполняемые им функции?
3. Что такое нуклеотид?

Первичной структуре белков заключена в молекулах ДНК. ДНК — биополимер, мономерами которого являются нуклеотиды. Молекула ДНК состоит из двух спирально закрученных полинуклеотидных цепей. Такую структуру, свойственную только молекулам ДНК, называют *двойной спиралью* (рис. 14). Участок ДНК, который содержит информацию о структуре одного белка, называют **геном**. В каждой молекуле ДНК находится, как правило, очень много генов.

Генетический код. В молекулах ДНК зашифрована вся информация об организме, передающаяся по наследству следующим поколениям, т. е. наследственная информация (её также называют *генетической*). Зашифрована (закодирована) она в последовательности нуклеотидов. Каждой аминокислоте в молекуле белка соот-

ветствует последовательность из трёх расположенных друг за другом нуклеотидов в молекуле ДНК — **кодон**. Почти каждая аминокислота кодируется более чем одним кодоном. Такую систему записи наследственной информации называют *генетическим кодом*. Генетический код *универсален*, т. е. един для всех живущих на Земле существ.

Понятие о гене. Свойства белка определяются в первую очередь его первичной структурой, т. е. последовательностью аминокислот в его молекуле. Информация о

ветствует последовательность из трёх расположенных друг за другом нуклеотидов в молекуле ДНК — **кодон**. Почти каждая аминокислота кодируется более чем одним кодоном. Такую систему записи наследственной информации называют *генетическим кодом*. Генетический код *универсален*, т. е. един для всех живущих на Земле существ.

Принцип биосинтеза белков. Синтез белка происходит при участии нескольких видов РНК. В отличие от молекул ДНК молекулы РНК одноцепочечные.

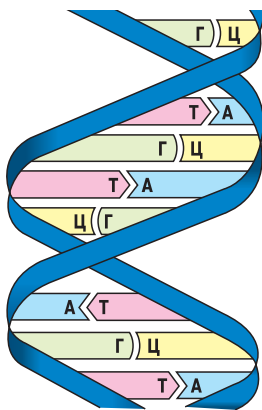


Рис. 14. Модель молекулы ДНК

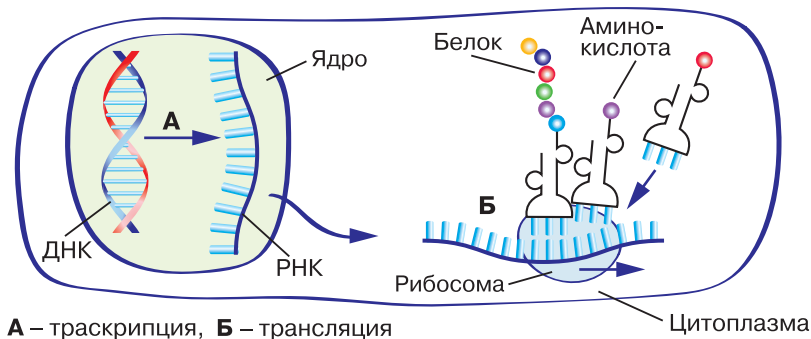


Рис. 15. Схема образования иРНК по матрице ДНК

На первом этапе биосинтеза белка информация о последовательности аминокислот в белке переводится с «языка» ДНК на «язык» РНК. Таким образом, ДНК является матрицей, с которой происходит считывание информации и её тиражирование. Этот процесс получил название **транскрипция** (лат. *transcriptio* — переписывание). Он осуществляется в ядре.

Следующий этап синтеза белка происходит на рибосомах. Именно на них осуществляется расшифровка генетической информации, перевод последовательности нуклеотидов в последовательность аминокислот. Этот этап получил название **трансляция** (лат. *translatio* — перенесение). Для осуществления этого этапа синтеза белка в цитоплазме обязательно должен присутствовать полный набор аминокислот. Одни аминокислоты образуются в результате расщепления белков, получаемых организмом с пищей, а другие синтезируются в самом организме (рис. 15).

1. Что такое ген?
2. Какова роль ДНК в синтезе белка?
3. Что такое генетический код и каково его основное свойство?
4. Перечислите основные этапы биосинтеза белка.



**Ген.
Кодон.
Транскрипция.
Трансляция.**



ПОДУМАЙТЕ!

Почему для синтеза белков используется только часть генетической информации, находящейся в клетке?



§ 10. РЕГУЛЯЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КЛЕТКЕ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие вещества называют катализаторами?
2. Что такое ферменты и какова их роль в химических реакциях?
3. Какие витамины вам известны? Какова их роль?

Любая живая система, в том числе клетка, всё время испытывает воздействие окружающей среды. Однако, несмотря на постоянные изменения условий внешней среды, живые организмы сохраняют постоянство своей внутренней среды — **гомеостаз**. Этому способствуют непрерывно идущие в клетках сложнейшие химические и физические процессы.

Для успешного протекания многих химических процессов необходимы соответствующие условия, часто это высокие температура и давление. В живой клетке умеренная температура и нормальное давление. В таких условиях большинство реакций в клетке или не могли бы осуществляться, или протекали бы очень медленно, если бы не подвергались воздействию катализаторов. **Катализаторами** называют вещества, изменяющие скорость химической реакции, но не входящие в состав продуктов реакции.

Каталитической способностью обладают некоторые молекулы РНК, однако основными биокатализаторами в клетке являются **ферменты**. Одни ферменты состоят только из белков, другие, кроме белка, включают в свой состав и небелковое соединение (например, витамин или ион металла).

Все процессы метаболизма в живом организме осуществляются с участием ферментов. При этом ферменты отличаются высокой специфичностью действия, т. е. каждый фермент катализирует в основном только определённую химическую реакцию. Встречаются ферменты, которые катализируют несколько реакций. Избирательность действия ферментов на разные химические вещества связана с их строением. Ферменты увеличивают скорость химических реакций в тысячи и миллионы раз. Но скорость ферментативных реакций зависит от многих факторов: природы и концентрации фермента и вещества, температуры, давления, реакции среды и т. д. Для функционирования каждого фермента имеются оптимальные условия. При температуре выше 60 °С большинство ферментов не работает.

Витамины — соединения, необходимые в малых количествах для нормальной жизнедеятельности организмов. В основу совре-



менной классификации витаминов положена их способность растворяться в воде и жирах. Различают жирорастворимые (А, D, Е и К) и водорастворимые (В, С, РР и др.) витамины.

Витамины играют большую роль в обмене веществ и других процессах жизнедеятельности биологической системы. Одни витамины могут быть синтезированы организмами, а другие поступают в организмы с пищей. Как недостаток, так и избыток витаминов может привести к серьёзным нарушениям многих физиологических процессов в организме.

Моя лаборатория



В каждой аптечке первой помощи имеется перекись водорода — 3%-ный раствор пероксида водорода (H_2O_2), который применяют при первичной обработке ран в качестве бактерицидного средства. Пероксид водорода может образовываться в организме как побочный продукт обмена веществ, поэтому в живых клетках всегда содержатся ферменты, способствующие его нейтрализации. Попробуйте убедиться в этом, разработав соответствующий эксперимент, используя в качестве материалов перекись водорода, сырой и варёный картофель (мясной фарш). Сформулируйте цель эксперимента и разработайте методику его проведения. Под руководством учителя проведите эксперимент и сделайте соответствующие выводы.

1. Какие вещества называют катализаторами?
2. Какую роль играют ферменты в клетке?
3. От каких факторов может зависеть скорость ферментативных реакций?



Объясните, почему недостаток витаминов может вызвать нарушения в процессах жизнедеятельности организма.

Гомеостаз.
Катализатор.
Фермент.
Витамины.



ПОДУМАЙТЕ!

Почему большинство ферментов при высокой температуре теряет каталитические свойства?



ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 1

Объектом изучения цитологии как науки является клетка — элементарная единица живого. Выявленные закономерности в строении и жизнедеятельности клеток различных организмов позволили сформулировать основные положения клеточной теории.

Все живые существа на Земле, за исключением вирусов, состоят из клеток. Сходство химического состава клеток разных организмов доказывает единство живой природы. Обязательными компонентами живой клетки являются плазматические мембраны, цитоплазма и генетический аппарат. Безъядерные организмы называют прокариотами, а имеющие ядра в своих клетках — эукариотами. Между клетками прокариот и эукариот имеются значительные различия в строении.

По способу получения необходимых для жизнедеятельности органических веществ все клетки делятся на автотрофов и гетеротрофов. Автотрофы способны самостоятельно синтезировать необходимые им органические вещества, например в процессе фотосинтеза. Гетеротрофы получают необходимые органические вещества извне. Все энергетические затраты любой клетки обеспечиваются за счёт универсального энергетического вещества — АТФ.

Важнейшим процессом, происходящим в клетках, является синтез белка. Информация о последовательности аминокислот, составляющих первичную структуру белка, заключена в последовательности триплетных сочетаний нуклеотидов ДНК. Ген — участок ДНК, в котором закодирована информация о структуре одного белка. Для нормальной жизнедеятельности клетки или целого организма необходимо относительное постоянство внутренней среды — гомеостаз.

Размножение и индивидуальное развитие (онтогенез) организмов

Размножение и развитие являются одними из важнейших свойств организмов, способствующих сохранению видов. Способы размножения у различных организмов могут сильно отличаться друг от друга, но в основе любого типа размножения лежит деление клетки. В процессе индивидуального развития формируются особенности строения и жизненных процессов, присущие только особям данного вида.



Б.Л. Астауров

ВЫ УЗНАЕТЕ

- о формах размножения организмов;
- о способах деления клеток как основе размножения организмов;
- о процессах индивидуального развития у растительных и животных организмов;
- о влиянии факторов внешней среды на развитие зародыша;
- об уровнях приспособленности организма к изменяющимся условиям среды.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- распознавать на наглядных пособиях стадии митоза и мейоза.



§ 11. ФОРМЫ РАЗМНОЖЕНИЯ ОРГАНИЗМОВ. БЕСПОЛОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ. МИТОЗ

ВСПОМНИТЕ

1. Чем различаются эукариоты и прокариоты?
2. Какие виды размножения вам известны?
3. Какие клетки называют соматическими?

Самовоспроизведение — всеобщее свойство живого. Размножение — это всеобщее свойство живых организмов, заключающееся в **самовоспроизведении**, т. е. в способности воспроизводить себе подобных. Это свойство является необходимым условием существования жизни на Земле.

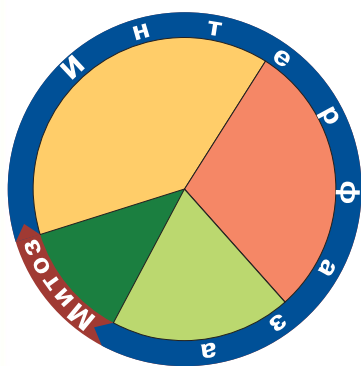
Бесполое размножение. Древнейшей формой размножения на нашей планете является бесполое размножение. При таком способе размножения все потомки имеют генетический аппарат, идентичный родительскому. Различают следующие виды бесполого размножения.

Размножение делением. Одним из самых распространённых способов бесполого размножения является деление, например у прокариотических организмов. При этом сначала удваивается единственная кольцевая хромосома, затем между двумя дочерними хромосомами возникает перегородка, и клетка делится надвое.

Подобным образом размножаются многие одноклеточные эукариоты — водоросли (хламидомонада, эвглена зелёная) и простейшие (амёба), но у этих организмов процесс деления происходит несколько сложнее и будет рассмотрен далее.

Размножение спорами. Споры — это специализированные клетки грибов и растений (не путать со спорами бактерий), служащие для размножения и расселения.

Вегетативное размножение. Часто при бесполом размножении многоклеточных организмов потомство развивается из группы родительских клеток. Такой способ бесполого размножения называют вегетативным. Различают несколько способов вегетативного размножения. Первый из них характерен



- Рост клетки
- Удвоение хромосом
- Подготовка к делению

Рис. 16. Схема клеточного цикла



для растений — *размножение частями вегетативных органов* (часть слоевища, черенок стебля, черенок корня) или *видоизменёнными побегами* (корневище, луковица, клубень). Второй способ вегетативного размножения — *фрагментация* — процесс, основанный на регенерации. Например, фрагмент тела дождевого червя даёт начало целой особи. Однако следует учитывать, что в природных условиях фрагментация встречается редко, в частности у многощетинковых червей, плесневых грибов, некоторых водорослей (спирогира). Третий способ вегетативного размножения — *почкование*. В этом случае группа клеток родительской особи начинает согласованно делиться, давая начало дочерней особи, которая некоторое время развивается как часть материнского организма, а затем отделяется от него (пресноводная гидра) или формирует колонии из многих особей (коралловые полипы).

Митоз как основа бесполого размножения и роста многоклеточных организмов. Митоз — это процесс непрямого деления соматических клеток эукариот, в результате которого наследственный материал равномерно распределяется между дочерними клетками. Митоз является основным способом деления клеток эукариот. Период жизни клетки от одного деления до следующего называют *клеточным циклом* (рис. 16). Период между делениями клетки называют *интерфазой* (лат. *inter* — между). Время, которое клетка тратит непосредственно на деление, составляет у животных клеток 30—60 мин, а у растительных — 2—3 ч. Основную часть жизни клетки находятся в интерфазе.

Митоз включает в себя два процесса: деление ядра — **кариокinesis** (греч. *káryon* — ядро ореха и *kinesis* — движение) и деление цитоплазмы — **цитокинез** (греч. *kytos* — клетка и *kinesis*). В ходе кариокинеза молекулы ДНК, содержащиеся в ядре клетки, плотно скручиваются. Образуются *хромосомы*, которые под микроскопом выглядят как удлинённые палочковидные тельца, состоящие из двух половинок, разделённых *центромерой*. Перед началом митотического деления генетический аппарат клетки удваивается. Поэтому каждая хромосома состоит из двух сестринских *хроматид*, каждая из которых образована идентичными друг другу молекулами ДНК (рис. 17).

Биологическое значение митоза заключается в воспроизводстве клеток с количественно и качественно одинаковой генетической

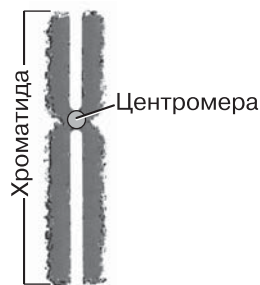


Рис. 17. Строение хромосомы



информацией, что очень важно при осуществлении бесполого размножения. Это обеспечивается тем, что при удвоении ДНК возникают два одинаковых набора хромосом, которые в процессе митоза равномерно распределяются по дочерним клеткам. Митоз также необходим для нормального роста и развития многоклеточного организма, он лежит в основе процессов заживления повреждений.

Моя лаборатория

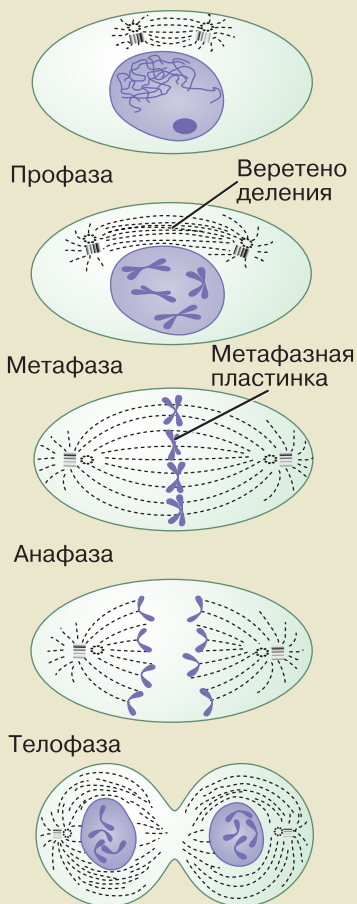


Рис. 18. Схема митоза

В митозе различают четыре последовательные фазы: профазу, метафазу, анафазу и телофазу (рис. 18).

Профаза. В ядре происходит спирализация ДНК, в микроскоп становятся хорошо видны туго скрученные хромосомы. Заметно, что каждая хромосома состоит из двух сестринских хроматид, объединённых в области центромеры. Ядрышки исчезают. Пары центриолей расходятся к полюсам клетки. Отходящие от них микротрубочки начинают образовывать *веретено деления*. Ядерная оболочка разрушается.

Метафаза. Хромосомы располагаются таким образом, что их центромеры находятся в плоскости экватора клетки. Образуется так называемая *метафазная пластинка*, состоящая из хромосом. Нити веретена деления от центросом прикрепляются к центромере каждой хромосомы.

Анафаза. Каждая хромосома продольно расщепляется на две идентичные хроматиды, которые расходятся к противоположным полюсам клетки. Таким образом, за счёт идентичности дочерних хроматид у двух полюсов клетки оказывается одинаковый генетический материал — такой же, какой был в клетке до начала митоза.



Телофаза. У полюсов клетки дочерние хромосомы деспирализуются, начинается синтез белков. Формируются ядерные оболочки и ядрышки. Нити веретена деления распадаются. На этом кариокинез заканчивается и начинается цитокинез. У животных клеток в экваториальной плоскости возникает перетяжка. Она углубляется до тех пор, пока не происходит разделение двух дочерних клеток. Растительные клетки таким образом делиться не могут, так как имеют жёсткую клеточную стенку. В них образуется внутриклеточная перегородка. С момента разделения дочерних клеток каждая из них вступает в интерфазу нового клеточного цикла.

Митотическим делением размножается инфузория-туфелька (рис. 19).

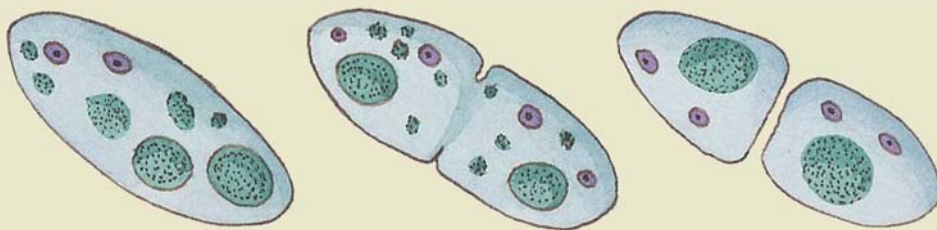


Рис. 19. Деление инфузории-туфельки митозом

1. Какое размножение называют бесполом?
2. Какие виды бесполого размножения различают?
3. Какие процессы происходят во время митоза?
4. Каково биологическое значение митоза?

1. Объясните биологическое значение бесполого и полового размножения.
2. Охарактеризуйте самовоспроизведение как всеобщее свойство живого.

Самовоспроизведение. Бесполое размножение. Кариокинез. Цитокинез. Митоз.

ПОДУМАЙТЕ!

В каких частях многоклеточного организма чаще всего делятся клетки?



§ 12. ПОЛОВОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ. МЕЙОЗ

ВСПОМНИТЕ

1. В чём преимущество полового размножения перед бесполом размножением?
2. Чем половые клетки отличаются от соматических клеток?
3. Как происходит развитие половых клеток в организме человека?

Половое размножение. При половом размножении особей одного вида осуществляется **половой процесс**, в результате которого новый организм возникает после слияния мужской и женской половых клеток — **гамет**. Биологический смысл полового размножения заключается в объединении генетической информации родительских особей, благодаря чему увеличивается генетическое разнообразие потомства.

Типы полового процесса. Половой процесс возник очень давно. Его простейшие формы наблюдаются даже у бактерий и простейших, но в большей степени он характерен для многоклеточных эукариотических организмов — грибов, растений и животных. Например, у инфузории-туфельки половой процесс получил название *конъюгация*. В ходе неё две инфузории сближаются и обмениваются друг с другом частями генетического материала. При этом обе инфузории могут приобрести новые свойства, полезные для выживания в меняющихся условиях окружающей среды. Однако число особей при этом не увеличилось, поэтому-то конъюгацию у инфузорий называют половым процессом, а не размножением.

У некоторых одноклеточных организмов наблюдается разновидность полового процесса, которую называют *копуляцией*. При копуляции целые клетки-организмы превращаются в неотличимые друг от друга гаметы и сливаются, образуя зиготу.

У наиболее древних организмов формируется только один вид гамет, поэтому нельзя сказать, женскими они являются или мужскими. Такой тип полового процесса называют *изогамией*. Однако в процессе эволюции появились значительные отличия женских гамет (яйцеклеток) от мужских (сперматозоидов). В настоящее время яйцеклетки подавляющего большинства организмов — крупные и неподвижные, а сперматозоиды очень малы и способны передвигаться. Такой тип полового процесса называют *гетерогамией*.

Мейоз и его биологическое значение. Образованию гамет, необходимых для полового размножения, предшествует **мейоз** —



особый вид деления клетки, при котором число хромосом в дочерних клетках сокращается вдвое. Другими словами, из *диплоидных* клеток, содержащих двойной набор хромосом ($2n$), образуются *гаплоидные* клетки, содержащие одинарный набор хромосом (n). Это необходимо для того, чтобы после осуществления полового процесса клетки дочернего организма имели генетический аппарат, свойственный особям данного вида. Мейоз представляет собой два следующих одно за другим деления генетического материала и цитоплазмы, перед которыми удвоение ДНК происходит только один раз.

После удвоения **гомологичные хромосомы** (греч. *homos* — одинаковый) — парные хромосомы, одинаковые по форме, размерам и набору генов, — тесно соединяются друг с другом, или *конъюгируют*. При этом хроматиды перекрещиваются и обмениваются своими участками. Явление обмена участками гомологичных хромосом во время конъюгации получило название **кроссинговер**. После кроссинговера в дальнейшем расходятся уже изменённые хромосомы, т. е. с другим сочетанием генов.

Во время первого деления мейоза к полюсам клетки расходятся не хроматиды, а гомологичные хромосомы. Таким образом, в результате первого деления мейоза образуются две клетки с уменьшенным вдвое числом хромосом. Такое деление называют *редукционным*.

Второе деление мейоза представляет собой типичный митоз, в ходе которого к полюсам клетки расходятся хроматиды. В результате второго деления образуются четыре клетки с одинарным (n) набором хромосом. После второго деления мейоза следует формирование зрелых половых клеток.

Оплодотворение и его биологическое значение. Восстановление генетического аппарата соматических клеток дочернего организма происходит в результате процесса слияния женской и мужской гамет, получившего название **оплодотворение**. В результате этого процесса сначала возникает одноклеточная стадия развития организма — зигота, которая затем, делясь митозом, даёт начало всем тканям и органам нового многоклеточного организма.

Типы оплодотворения. У рыб и амфибий гаметы выбрасываются в воду, где и происходит *наружное оплодотворение*. У наземных животных наружного оплодотворения быть не может, и сперматозоиды должны попасть непосредственно в организм самки, где и происходит *внутреннее оплодотворение*.

Для покрытосеменных растений характерно так называемое *двойное оплодотворение*. Его особенностью является образование в семени, помимо зиготы, особой ткани (эндосперма), обеспечивающей питательными веществами развивающийся зародыш.

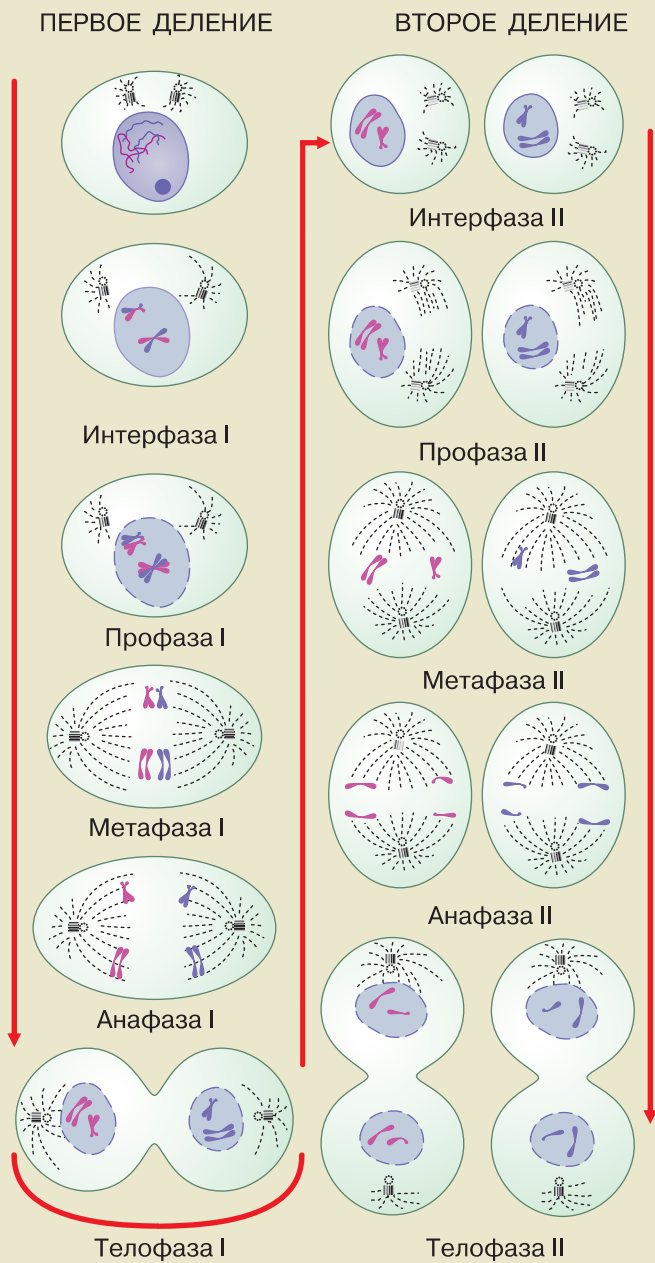


Рис. 20. Схема мейоза



Моя лаборатория

Стадии мейоза схематически показаны на рисунке 20.

В *профазу I* происходит конъюгация хромосом, а затем *кроссинговер*. Этот процесс увеличивает генетическое разнообразие образующихся половых клеток.

Затем пары гомологичных хромосом выстраиваются в цитоплазме, образуя метафазную пластинку. В анафазе, следующей за метафазой, гомологичные хромосомы, каждая из которых состоит из двух хроматид, расходятся к противоположным полюсам клетки. Заканчивается первое деление мейоза. Таким образом, после первого деления мейоза образуются две гаплоидные клетки, каждая из которых после короткой телофазы I продолжает деление.

Второе деление представляет собой обычный митоз и включает стадии: интерфазу II, профазу II, метафазу II, анафазу II и телофазу II. В результате мейоза из одной диплоидной клетки ($2n$) образуются четыре гаплоидные (n) клетки.

1. Какое размножение называют половым?
2. В чём состоит биологический смысл полового размножения?
3. В чём состоит отличие мейоза от митоза? Составьте сравнительную таблицу.
4. Каково биологическое значение мейоза?
5. Какова биологическая роль оплодотворения?

Отметьте преимущества и недостатки полового размножения для отдельных особей и видов.



Половое размножение.
Половой процесс. Гамета. Мейоз.
Гомологичные хромосомы.
Оплодотворение. Кроссинговер



ПОДУМАЙТЕ!

Считается, что наиболее древними среди животных являются обоеполые — гермафродиты (кишечнополостные, плоские и кольчатые черви, некоторые моллюски). Каково, на ваш взгляд, значение обоеполости?



§ 13. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗМА (ОНТОГЕНЕЗ)

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое онтогенез?
2. Жизненные циклы каких организмов вам известны?
3. Каковы основные этапы индивидуального развития человека?

ко клеток родительской особи. Но в любом случае, для того чтобы малое число клеток превратилось в полноценный организм, необходим целый ряд сложных, сменяющих друг друга превращений, в результате которых формируются присущие только особям данного вида особенности строения и жизненных процессов. Заканчивается онтогенез процессами, закономерно ведущими к старению и смерти.

У разных групп организмов онтогенез имеет свои особенности. Например, многие позвоночные большую часть своего существования находятся во взрослом состоянии. У многих насекомых наоборот: взрослая стадия самая короткая и длится иногда всего несколько часов, необходимых для воспроизведения потомства. Очень велики различия в жизненных циклах растений, у которых наблюдается чередование поколений.

У животных выделяют три типа онтогенеза: личиночный, яйцекладный и внутриутробный.

Личиночный тип развития встречается, например, у насекомых, рыб, земноводных. Желтка в их яйцеклетках мало, и зигота быстро развивается в личинку, которая самостоятельно питается и растёт. Затем через какое-то время происходит *метаморфоз* — превращение личинки во взрослую особь. У некоторых видов наблюдается даже целая цепочка превращений из одной личинки в другую и только потом во взрослую особь.

Смысл существования личинок может заключаться в том, что они питаются другой пищей, чем взрослые особи, и, таким образом, возрастает пищевая база вида. Сравните, например, питание гусениц (листья) и бабочек (нектар) (рис. 21) или головастиков (зоопланктон) и лягушек (насекомые). Кроме того, в личиночной стадии многие виды активно заселяют новые территории. Например,

Понятие индивидуального развития (онтогенеза) у живых организмов. Процесс индивидуального развития особи от начала её существования до конца жизни называют **онтогенезом**. При половом размножении начало всему организму даёт одна клетка — зигота, при бесполом размножении — одна клетка или несколько



Рис. 21. Гусеница (а) и бабочка-крапивница (б)

личинки двустворчатых моллюсков способны к плаванию, а взрослые особи практически неподвижны.

Яйцекладный тип онтогенеза наблюдается у рептилий, птиц и яйцекладущих млекопитающих, яйцеклетки которых богаты желтком. Зародыш таких видов развивается внутри яйца, личиночная стадия отсутствует.

Внутриутробный тип онтогенеза наблюдается у большинства млекопитающих, в том числе и у человека. При этом развивающийся зародыш задерживается в материнском организме, образуется временный орган — *плацента*, через которую организм матери обеспечивает все потребности растущего эмбриона: дыхание, питание, выделение и др. Внутриутробное развитие оканчивается процессом деторождения.

Обычно в онтогенезе животных и человека выделяют два периода: *эмбриональный* (греч. *embrion* — зародыш) и *постэмбриональный*. Эмбриональный период (**эмбриогенез**) длится с момента образования зиготы до рождения (например, у млекопитающих) или выхода из яйцевых оболочек (например, у птиц). Постэмбриональный период начинается с момента рождения и длится до конца жизни особи.

Изучение ранних стадий онтогенеза у позвоночных животных показало, что развитие эмбрионов в пределах одного типа во многом сходно. Например, у всех хордовых на ранней стадии развития есть хорда, нервная трубка и кишечная трубка с жаберными щелями. Эмбрионы всех групп позвоночных на ранних стадиях внешне очень похожи.

Постэмбриональное развитие начинается с выхода новой особи из яйцевых оболочек или (при живорождении) из организма ма-

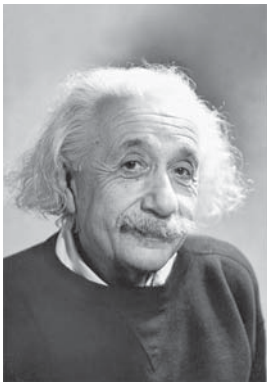


Рис. 22. Возрастные изменения человека

тери. Его подразделяют на три периода: ювенильный (ювенальный), пубертатный и период старения.

Ювенильный период продолжается до окончания полового созревания и практически всегда сопровождается ростом организма. С одной стороны, процесс роста запрограммирован генетически, а с другой — зависит от условий существования.

Пубертатный период постэмбрионального развития, т. е. период зрелости, у большинства позвоночных животных занимает, как правило, большую часть жизни. В этот период организм готовится, а затем и приступает к осуществлению важнейшего жизненного процесса — размножению.

Старение — это общебиологическая закономерность, свойственная живым организмам. В определённом возрасте в организме начинаются изменения, снижающие его возможности приспосабливаться к условиям среды.

Смерть — это прекращение жизнедеятельности организма. Однако смерть является биологически необходимым явлением. Без смерти не происходила бы смена поколений.

Моя лаборатория

Закон зародышевого сходства. Установленный факт того, что эмбрионы всех групп позвоночных на ранних стадиях внешне очень похожи, позволил **Карлу Бэру** (1792—1876) сформулировать **закон зародышевого сходства**: «*В пределах типа эмбрионы, начиная с самых ранних стадий, обнаруживают известное общее сходство*». Однако при дальнейшем развитии каждый за-



родыш развивается своим путём и приобретает всё большее сходство с особями своего вида.

Человек, например, начинает своё эмбриональное развитие с одной клетки — зиготы, т. е. как бы проходит сначала стадию простейших, затем стадию колониальных животных, сходную с вольвоксом, которую сменяет стадия двуслойных кишечнополостных. В первые недели эмбриогенеза у будущего человека есть хорда, жаберные щели и хвост, т. е. он напоминает древнейших хордовых, сходных по строению с нынешним ланцетником.

Этот и многие другие примеры показывают связь между индивидуальным развитием каждого организма и эволюцией вида, к которому этот организм принадлежит.

1. Чем онтогенез одноклеточных организмов отличается от онтогенеза многоклеточных организмов?
2. Какие периоды обычно различают в онтогенезе животных?
3. Какие процессы происходят на этапе эмбрионального развития?
4. Какие периоды выделяют в постэмбриональном развитии животных? В чём их особенности?



1. На основе параграфа составьте таблицу «Типы онтогенеза», в которой укажите типы развития, основные характеристики и примеры организмов. Обсудите полученные результаты с товарищами.

2. Приведите примеры развития с превращением.



**Онтогенез.
Эмбриогенез.
Постэмбриональное
развитие.
Старение.
Смерть.**



ПОДУМАЙТЕ!

Может ли многоклеточный организм быть бес-
смертным?



§ 14. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ОНТОГЕНЕЗ

ВСПОМНИТЕ

1. Каковы основные компоненты любой клетки?
2. Какие факторы среды влияют на развитие зародыша человека?

Влияние факторов внешней среды на развитие зародыша. Развитие любого организма зависит от **факторов**, или условий, **окружающей среды**. В эмбриональном периоде эта зависимость проявляется в большей степени у беспозвоночных животных. Яйца птиц практически изолированы от

окружающей среды, а оптимальную температуру для зародыша обеспечивают родители при высиживании. У плацентарных млекопитающих посредником между зародышем и окружающей средой является организм матери, от которого эмбрион получает питание, кислород, тепло.

Интенсивно делящиеся клетки зародыша весьма чувствительны к неблагоприятным воздействиям, которые могут привести к различным нарушениям в формирующемся организме. Опаснее всего воздействие химических веществ, способных проникать через плаценту в эмбрион. В частности, к таким веществам относятся алкоголь и никотин. Родившийся у курящей или пьющей матери ребенок может быть абсолютно нормальным внешне, но всё равно его нервная и эндокринная системы будут повреждены химическим воздействием алкоголя и никотина.

В развитии зародыша существуют критические периоды, когда эмбрион более чувствителен к действию повреждающих факторов. Например, птицы и млекопитающие для нормального развития нуждаются в витамине D. Этот витамин образуется в коже под действием ультрафиолетовых лучей солнца или же должен поступать в организм с пищей. Недостаток витамина служит причиной нарушения окостенения скелета и отставания в развитии. Многочисленные отклонения в ходе нормального развития наблюдаются у эмбрионов, подвергнутых действию избыточной концентрации солей, радиационному облучению и т. д.

Уровни приспособления организма к изменяющимся условиям. Процесс и результат приспособления живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды с одновременным повышением вероятности выживания и самовоспроизведения называют **адаптацией**. Адаптации позволяют организму поддерживать гомеостаз. Различают несколько видов адаптаций:



- *поведенческие* (основаны на стремлении организма затратить как можно меньше энергии в результате своей жизнедеятельности);
- *анатомо-морфологические* (основаны на развитии структур, соответствующих образу жизни организма);
- *физиологические* (основаны на осуществлении жизненных функций в зависимости от образа жизни);
- *биохимические* (основаны на изменении биохимических процессов и визуально не выявляются; требуют наибольших затрат энергии).

Моя лаборатория

Стратегии адаптаций. Быстрота приспособления организма к изменяющимся условиям адаптаций зависит от выбранной *стратегии адаптации*. Различают три стратегии:

- *генетическую* (самая длительная; связана с новой генетической информацией, что ведёт к появлению новых признаков);
- *акклимационную* (длится от нескольких часов до нескольких месяцев; основана на использовании для приспособления к изменениям одного или нескольких условий окружающей среды той информации, например появление более густой шерсти);
- *мгновенную* (самая быстрая стратегия, которая длится не более нескольких минут; представляет собой первичную защитную реакцию организма).

1. Какое влияние оказывает внешняя среда на развитие организма?
2. На эмбриональное развитие каких организмов окружающая среда оказывает наибольшее влияние? Ответ подтвердите примерами.
3. В чём выражается приспособление организма к изменяющимся условиям окружающей среды?
4. Что такое адаптация? Какие виды адаптаций различают и с чем они связаны?



**Факторы
окружающей
среды.
Адаптация.**



ПОДУМАЙТЕ!

Какое значение для организма имеет приспособление к изменяющимся условиям окружающей среды?

ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 2

Размножение — это всеобщее свойство живых организмов, заключающееся в воспроизведении себе подобных. Способы размножения у различных организмов могут сильно отличаться один от другого, но в основе любого типа размножения лежит деление клетки.

Митоз — это процесс непрямого деления соматических клеток эукариот. Биологическое значение митоза заключается в воспроизводстве клеток с количественно и качественно одинаковой генетической информацией, что очень важно при осуществлении бесполого размножения. Митоз необходим для нормального роста и развития многоклеточного организма, процессов заживления повреждений.

Мейоз — это особый вид деления клетки, при котором число хромосом в дочерних клетках сокращается вдвое, что играет важную роль в условиях полового размножения. Восстановление генетического аппарата соматических клеток дочернего организма происходит в результате оплодотворения.

Процесс индивидуального развития особи от начала её существования до конца жизни называют онтогенезом. В онтогенезе животных и человека выделяют два периода: эмбриональный и постэмбриональный. Старение и смерть являются биологически необходимыми явлениями, так как без них не происходила бы смена поколений.

Развитие любого организма зависит от условий окружающей среды. Быстрота приспособления организма к ним зависит от выбранной стратегии адаптации. Адаптации позволяют организму поддерживать гомеостаз.

Люди давно заметили, что организмы передают свои признаки и свойства потомкам из поколения в поколение. Также было подмечено, что в ряде случаев организмы могут приобретать и новые признаки. Человечество всегда стремилось понять закономерности наследования и изменчивости признаков. Так со временем сформировалась наука, которую называли генетикой.



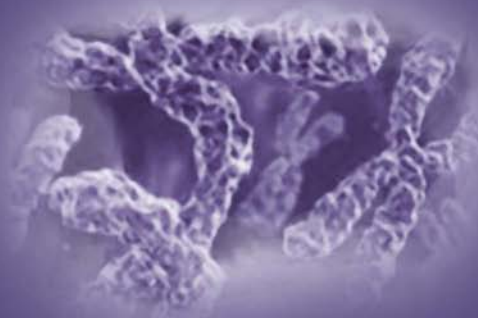
Г. Мендель

ВЫ УЗНАЕТЕ

- об истории развития генетики и её основных методах;
- о некоторых закономерностях наследования признаков у живых организмов и работах Г. Менделя в этой области;
- об основных формах изменчивости и их биологической роли;
- о роли условий внешней среды в развитии и проявлении признаков и свойств организмов.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- решать генетические задачи.





§ 15. ГЕНЕТИКА КАК ОТРАСЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие свойства характеризуют науку как область знания?
2. Какие свойства живого позволяют организму сохранить преемственность поколений?

Генетика как отрасль биологической науки. Генетика — одна из важнейших отраслей биологической науки. Предметом её исследований являются закономерности наследственности и изменчивости живых организмов в процессе их жизнедеятельности.

Понятия о наследственности и изменчивости. Наследственность — это свойство всех живых организмов, проявляющееся в способности передавать свои **признаки** и свойства из поколения в поколение. **Изменчивость** — свойство всех живых организмов приобретать в процессе своего развития под действием условий окружающей среды новые признаки. Элементарной единицей наследственности является ген, представляющий собой участок молекулы ДНК, в котором закодирована информация о структуре одного белка.

История развития генетики. Первые попытки объяснения некоторых фактов, обусловленных проявлением закономерностей наследования признаков, предпринимались человеком ещё задолго до открытия генов. Например, великий учёный и врач Древней Греции **Гиппократ** (ок. 460 до н. э. — ок. 377 до н. э.) пытался объяснить, почему дети обычно похожи на родителей. Он говорил, что семя мужчины и семя женщины, из которых возникает ребёнок, изготавливаются во всех частях организма родителей и поэтому несут в себе информацию об этих частях. При слиянии семян происходит борьба между признаками отца и матери, и от того, кто победит, зависит пол ребёнка и то, на кого он больше будет похож.

Тем не менее установлено, что закономерности, по которым признаки передаются из поколения в поколение, первым открыл великий чешский учёный **Грегор Мендель**. Результаты своей многолетней работы Г. Мендель обобщил в публикации «Опыты над растительными гибридами», которая вышла в свет 8 февраля 1865 г. Однако работы Менделя опередили своё время; они были оценены по достоинству только через 35 лет после их публикации.

В 1900 г. три исследователя — **Гуго де Фриз**, **Карл Эрнст Корренс** и **Эрнст Чермак** — независимо друг от друга и на разных объектах переоткрыли законы Менделя. Результаты работ этих ис-



следователей доказали правильность установленных им закономерностей. Они честно признали его первенство в этом вопросе и присвоили этим закономерностям имя Менделя. 1900 год считается датой рождения науки генетики, а её официальное название было предложено английским биологом **Уильямом Бейтсоном** в 1907 г.

Моя лаборатория

Мендель родился в 1822 г. Родители называли его Иоганном. В 1843 г. он окончил гимназию и под именем Грегора был пострижен в монахи Августинского монастыря, расположенного в чешском городе Брно. На деньги монастыря Мендель прослушал в Венском университете курс математики и естественных наук. Затем он преподавал физику и естественную историю в монастырской школе. Параллельно с преподаванием проводил опыты по гибридизации гороха.

Г. Мендель обладал важнейшими для настоящего учёного качествами. Во-первых, он умел формулировать конкретные цели исследования. Во-вторых, он мог правильно понимать и трактовать результаты опытов, т. е. был способен сделать точные и правильные выводы из результатов своих экспериментов. В 1868 г. Мендель стал настоятелем монастыря и прекратил занятия научной работой.

1. Что является предметом исследования генетики как науки?
2. Что является элементарной единицей наследственности?
3. Каковы основные этапы истории развития генетики?

Что обеспечивает наследственность и изменчивость как свойства живого?



Генетика.
Признак.
Наследственность.
Изменчивость.



ПОДУМАЙТЕ!

Почему мы считаем, что работы Менделя опередили своё время?



§ 16. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ. ФЕНОТИП И ГЕНОТИП

ВСПОМНИТЕ

1. Что означает в биологии понятие «сорт»?
2. Какие методы цитологии вам известны?

число и форму, а также *биохимический метод* и др. Г. Мендель в своей работе использовал **гибридологический метод**, который стал основой его опытов. Применение учёным *математических методов* позволило ему сделать на основе частных опытов важнейшие выводы, которые оказались справедливы для всех живых существ на Земле и заложили основу новой науки — генетики.

Суть гибридологического метода заключается в скрещивании специально подобранных пар организмов и тщательном изучении полученных потомков. Скрещивание организмов, отличающихся друг от друга одним или несколькими признаками, называют **гибридизацией**, а потомков от такого скрещивания — *гибридами*. Поэтому и метод получил название гибридологического. Этот метод до сих пор лежит в основе генетических исследований.

Мендель в своих опытах в качестве объекта использовал растения гороха. В настоящее время для генетических исследований широко используется плодовая мушка дрозофила (*Drosophila*) (рис. 23).

Фенотип и генотип. Любой организм имеет не один, а огромное количество признаков. Среди них не только внешние, определяющие

видимые особенности, но и внутренние. Совокупность всех внешних и внутренних признаков и свойств организма называют **фенотипом**. Любые признаки зависят от многочисленных физиологических и биохимических процессов, каждый из которых, в свою очередь, зависит от деятельности особых белков-ферментов. Особенности строения и функционирования этих белков, как вам известно, определяют их структурой, зашифрованной в генах. Каждый организм обладает своим



Рис. 23. Дрозофила



Генотип и условия окружающей среды влияют на формирование фенотипа. Фенотипические признаки, определяемые теми или иными генами, в различных условиях существования развиваются по-разному. К сожалению, по фенотипу не всегда можно понять, какие гены содержит данная особь, поэтому необходимо проведение соответствующих исследований.

Такие сорта называют **чистыми линиями**. Горох легко выращивать, в условиях Чехии он даёт несколько урожаев в год. Горох — *самоопыляемое растение*, поэтому в природных условиях сорта обычно не смешиваются. В эксперименте самоопыление легко предотвратить, и экспериментатор может опылять растение пыльцой с другого растения, т. е. перекрёстно.



Более подробно об исследованиях Г. Менделя вы можете прочитать на сайте www.elementy.ru в разделе «Науки о жизни».

1. Какие методы генетики вам известны?
2. В чём сущность гибринологического метода?
3. В чём состоит заслуга Г. Менделя?
4. Какими свойствами, полезными для проведения генетических исследований, обладает горох?

1. Объясните, что обуславливает многообразие признаков у разных организмов или особей одного вида.
2. Назовите пары признаков гороха, которые использовал Г. Мендель в своих исследованиях.

Гибридо-
логический
метод.
Гибридизация.
Фенотип.
Генотип.
Чистая линия.

ПОДУМАЙТЕ!

Какие объекты удобно использовать в исследованиях с использованием гибридологического метода?



§ 17. ЗАКОНОМЕРНОСТИ НАСЛЕДОВАНИЯ

ВСПОМНИТЕ

1. В чём сущность гибридологического метода?
2. Какие свойства гороха использовал в своих исследованиях Г. Мендель?

Закон доминирования. Как вам уже известно, для своих исследований Мендель выбирал две чистые линии растений гороха, которые отличались только по одному признаку. Скрещивание Г. Менделем растений гороха, исходно отличающихся только цветом горошин (жёлтым или зелёным), показало, что в первом поколении семена у всех гибридных растений оказались исключительно жёлтыми. Когда же Мендель повторил свои опыты на растениях, отличающихся друг от друга по другому признаку — форме семян (гладкие или морщинистые), то все гибридные растения первого поколения имели гладкие семена.

Проявляющиеся у гибридов первого поколения признаки (жёлтый цвет или гладкость семян) Мендель назвал **доминантными**, а подавляемые признаки (зелёный цвет или морщинистость семян) — **рецессивными**. На основе полученных данных Г. Мендель сформулировал *закон единообразия гибридов первого поколения*, или *доминирования* (рис. 24, а):

при скрещивании двух чистых линий организмов, отличающихся друг от друга одним признаком, все гибриды первого поколения будут иметь признак одного из родителей, и поколение по данному признаку будет единообразным.

Закон расщепления. Г. Мендель продолжил свои опыты: из гибридных семян вырастил растения и скрестил их между собой. Подсчитывая число жёлтых и зелёных горошин в потомстве многих пар растений гороха, он обнаружил, что у растений второго поколения большая часть горошин ($\frac{3}{4}$) имела жёлтую окраску, а меньшая часть ($\frac{1}{4}$) — зелёную. Таким образом, соотношение жёлтых и зелёных семян в потомстве составило 3:1.

Явление, при котором скрещивание приводит к образованию части потомства с доминантным, а части с рецессивным признаком, получило название **расщепление признаков**. Затем Г. Мендель подтвердил характер расщепления в опытах с другими признаками растений гороха и обосновал *закон расщепления* (рис. 24, б):



при скрещивании двух потомков (гибридов) первого поколения между собой во втором поколении наблюдается расщепление, и снова появляются особи с рецессивными признаками; эти особи составляют $\frac{1}{4}$ часть от всего числа потомков второго поколения.

Закон чистоты гамет. Г. Мендель пытался объяснить, какие механизмы обеспечивают единообразие гибридов первого поколения и расщепление признаков. Со временем было достоверно установлено, что клетки растений гороха определённого сорта содержат по два гена, кодирующие окраску. При этом у одного сорта окраска семян жёлтая, а у другого — зелёная. Аналогично обстоит дело с другими признаками: их также кодируют пары генов. Гены, ответственные за проявление одного признака (например, цвет семян), получили название **аллельные гены**.

Если организм содержит два одинаковых аллельных гена (например, зелёного цвета семян), то такой организм называют **гомозиготным**. Если же аллельные гены разные (например, один определяет жёлтую, а другой — зелёную окраску семян), то такой организм называют **гетерозиготным**. Чистые линии образованы только гомозиготными растениями, поэтому при самоопылении они всегда воспроизводят один вариант проявления признака.

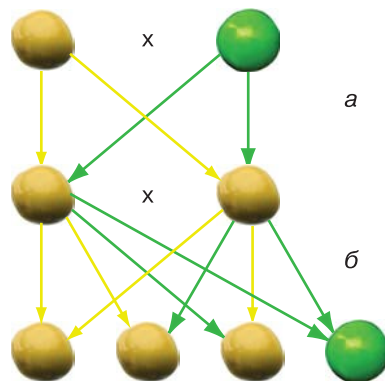


Рис. 24. Моногибридное скрещивание (а) и расщепление признака (б)

1. Какие признаки называют доминантными, а какие — рецессивными?
2. Какие факты подтверждают расщепление признаков у второго поколения гибридов?
 1. Сформулируйте основные законы наследования признаков, установленные Г. Менделем.
 2. Дайте обоснование закону чистоты гамет.

Доминантные и рецессивные признаки. Расщепление признаков. Аллельные гены. Гомозиготы. Гетерозиготы.



§ 18. РЕШЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие гены называют доминантными, а какие — рецессивными?
2. Что такое гаметы?
3. Чем гомозигота отличается от гетерозиготы?

- ✓ символ ♀ (зеркало Венеры) — женская особь;
- ✓ символ ♂ (щит и копьё Марса) — мужская особь;
- ✓ символ $\times$ — скрещивание;
- ✓ буква G (греч. *gamete* — жена, *gametes* — муж) — гаметы, состав которых принято обводить кружком или отмечать верхним подчёркиванием;
- ✓ F_1 (лат. *filialis* — сыновний) — первое поколение потомков, F_2 — второе поколение потомков;
- ✓ A (или любые другие прописные латинские буквы) — ген, отвечающий за формирование доминантного признака;
- ✓ a (или любые строчные латинские буквы) — ген, отвечающий за формирование рецессивного признака.

Схема скрещивания может выглядеть следующим образом:

$P:$ ♀ $AA \times \text{♂ } aa$

$G:$ 

$F_1:$ Aa

На этой схеме показано, что в каждой гамете родительских особей благодаря мейозу присутствует только один аллельный ген: в одном случае A , в другом — a . Таким образом, в первом поколении все соматические клетки будут гетерозиготными — Aa .

В свою очередь, гибриды первого поколения с равной вероятностью могут образовывать гаметы с генами A или a . Случайные комбинации этих гамет при половом процессе могут дать во втором поколении варианты: AA , Aa , aA , aa .

Схемы скрещивания. Закономерности наследования признаков, открытые Менделем, можно представить схематически, используя так называемые **схемы скрещивания**. Для записи этих схем используют следующие обозначения:

✓ буква P (лат. *parentes* — родоначальник) обозначает родительское поколение;



Моя лаборатория



Алгоритм решения генетических задач

У человека ген длинных ресниц доминирует над геном коротких ресниц. Женщина с длинными ресницами, у отца которой были короткие ресницы, вышла замуж за мужчину с короткими ресницами. Сколько типов гамет образуется у женщины? Сколько типов гамет образуется у мужчины? Сколько разных генотипов и сколько фенотипов может быть среди детей данной супружеской пары?

Решение: 1. Запишем объект исследования и обозначения генов.

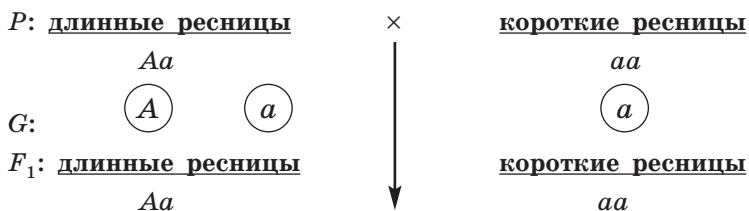
Объект	Ген	Признак
Человек	A	Длинные ресницы
	a	Короткие ресницы

AA и Aa — длинные ресницы;
 aa — короткие ресницы.

2. Определим генотипы родителей.

Женщина имеет длинные ресницы, следовательно, её генотип может быть AA или Aa . По условию задачи её отец имел короткие ресницы, значит, его генотип — aa , следовательно, генотип женщины — Aa . Генотип её супруга — aa , так как у него короткие ресницы.

3. Запишем схему скрещивания (брака):



4. Запишем соотношение генотипов и фенотипов.

Расщепление по генотипу $1Aa:1aa$, или $1:1$.

Расщепление по фенотипу тоже $1:1$.

5. Запишем ответ.

Ответ: у женщины образуется два типа гамет; у мужчины — один тип гамет; среди детей данной супружеской пары может быть два разных генотипа (гомозиготы и гетерозиготы) и два разных фенотипа (с короткими и длинными ресницами).



§ 19. ХРОМОСОМНАЯ ТЕОРИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ. ГЕНЕТИКА ПОЛА

ВСПОМНИТЕ

1. Какие гены называют аллельными?
2. Что такое кроссинговер?

Сцепленное наследование признаков. В начале XX столетия стало очевидным, что Г. Мендель открыл единые закономерности наследственности для всех живых организмов. Но вместе с тем стали накапливаться сведения о том, что в некоторых случаях расщепление

не подчиняется законам Г. Менделя.

В 1902 г. американец **Уильям Сеттон** предположил, что элементы наследственности, которые мы сегодня называем генами, могут располагаться в хромосомах. Действительно, генов, кодирующих различные признаки у любого организма, очень много. Так, по приблизительным расчётам у человека около 60 000 генов, а видов хромосом только 23. Таким образом, все десятки тысяч генов умещаются в этих хромосомах.

Основные принципы наследования генов, расположенных в одной хромосоме, были исследованы выдающимся американским генетиком **Томасом Морганом** (1866 — 1945).

Основным объектом, с которым работал Т. Морган и его ученики, была плодовая мушка дрозофила (см. рис. 23), имеющая диплоидный набор из 8 хромосом. Эксперименты показали, что гены, находящиеся в одной хромосоме, при мейозе попадают в одну гамету, т. е. наследуются сцепленно. Это явление получило название *закон Моргана*.

Хромосомная теория наследственности. Исследования Т. Моргана легли в основу современной теории наследственности, основу которой составляют следующие положения:

1. Ген представляет собой участок (**локус**) хромосомы. Хромосомы представляют собой группы сцепления генов.
2. Аллельные гены расположены в идентичных локусах гомологичных хромосом.
3. Гены располагаются в хромосомах линейно, т. е. друг за другом.
4. Кроссинговер представляет собой процесс обмена генами между гомологичными хромосомами.

По мере развития учения о наследственности понятие «ген» постепенно уточнялось. Первоначально этим термином обозначали единицу наследственности, определяющую развитие признака.

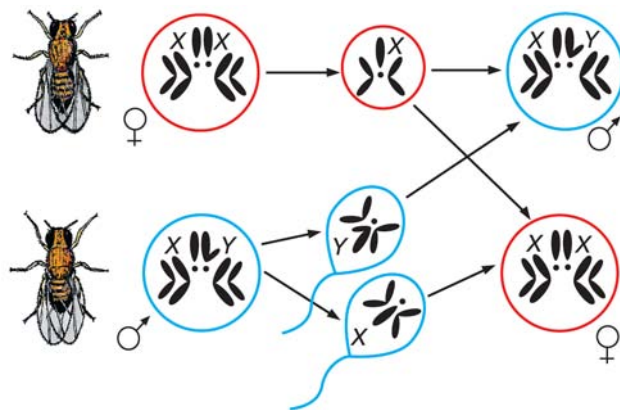


Рис. 25. Хромосомные комплексы самки и самца у дрозофилы

После создания хромосомной теории наследственности и расшифровки структуры ДНК и генетического кода геном стали называть участок молекулы ДНК, несущий информацию о структуре определённого белка.

Наследование признаков, сцепленных с полом. Подавляющее большинство животных представлено особями двух полов — мужского и женского, причём расщепление по признаку пола происходит в соотношении 1:1. Такое расщепление у потомства наблюдается в тех случаях, когда скрещиваются гетерозиготная (Aa) и гомозиготная (aa) родительские особи. Г. Мендель предположил, что один из полов гетерозиготен, а другой гомозиготен по гену, который определяет пол организма.

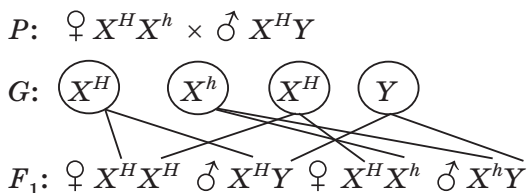
Это предположение было подтверждено в начале XX в., когда Т. Моргану и его сотрудникам удалось установить, что самцы и самки различаются набором хромосом. Все хромосомы, кроме одной пары, у мужских и женских организмов одинаковы, и называют их **аутосомы**. Но в одной паре хромосомы у самцов и самок различны. Эти хромосомы получили название **половые хромосомы**. Например, у самок дрозофилы в каждой клетке три пары аутосом и одна пара одинаковых половых, так называемых X-хромосом. А у самцов те же три пары аутосом и две разные половые хромосомы — X и Y (рис. 25). При формировании гамет во время мейоза у самок будет образовываться один вид гамет: 3 аутосомы + половая X-хромосома. У самцов же будут в одинаковом количестве образовываться два вида гамет: 3 аутосомы + половая X-хромосома или 3 аутосомы + половая Y-хромосома.



Если при оплодотворении с яйцеклеткой сольётся сперматозоид, несущий X -хромосому, то из такой зиготы разовьётся самка, а если с Y -хромосомой — самец. Таким образом, пол будущей особи определяется во время оплодотворения и зависит от того, какой набор половых хромосом сформируется в этот момент.

Если гены, ответственные за какой-то признак, расположены в аутосомах, то наследование осуществляется независимо от того, кто является носителем гена — отец или мать. Ведь аутосомы у самца и самки одинаковы. Расположение гена в половой хромосоме называют *сцеплением гена с полом*. Например, у человека в X -хромосоме расположен доминантный ген (H), определяющий нормальное свёртывание крови. Рecessивный вариант этого гена (h) приводит к снижению свёртываемости крови, или гемофилии. Y -хромосома не имеет аллельной к этому гену пары, и признак (несвёртывание крови) проявляется у мужчин, несмотря на то что ген h рецессивен.

Рассмотрим наследование гемофилии у человека, составив схему скрещивания. Обозначим буквой H аллель, определяющий нормальное свёртывание крови, а буквой h аллель, определяющий гемофилию. Тогда в потомстве здоровых родителей с генотипами $X^H X^h$ и $X^H Y$ будет наблюдаться:



Из схемы видно, что мальчики с генотипом $X^h Y$ будут больны.

Таким же образом наследуется дальтонизм — неспособность различать красный и зелёный цвета. Этой болезнью страдают около 4% мужчин и менее 1% женщин. Вероятность появления в потомстве гемофилии, как и других наследственных заболеваний, существенно возрастает при родственных браках.

Генотип как целостная система. При знакомстве с закономерностями наследования различных признаков на примере гороха создаётся впечатление, что каждый ген в генотипе действует сам по себе. На самом деле любой организм представляет собой сложную скоординированную систему, в которой все процессы взаимосвязаны. Связь процессов друг с другом в организме в значительной мере определяется взаимодействием генов между собой. Такие взаимодействия, не все виды из которых мы сейчас знаем и понимаем, делают генотип каждой особи единой целостной системой.



Моя лаборатория

Генетическая структура половых хромосом. Так как самки дрозофилы способны производить только один вид гамет (с половой X-хромосомой), их называют *гомогаметным полом*. Самцы дрозофил производят два вида гамет (с половыми хромосомами X или Y), и их называют *гетерогаметным полом*. У многих млекопитающих (и у человека в том числе), червей, ракообразных, многих земноводных, рыб и большинства насекомых женский пол также является гомогаметным (XX), а мужской — гетерогаметным (XY). У женщин в каждой клетке 22 пары аутосом и две половые X-хромосомы, а у мужчин те же 22 пары аутосом, а также половые X- и Y-хромосомы. Однако у многих видов хромосомное определение пола выглядит иначе. У птиц, рептилий и некоторых рыб гомогаметны самцы (XX), а гетерогаметны самки (XY). У некоторых насекомых (пчёлы, кузнечики) самки гомогаметны (XX), а у самцов в хромосомном наборе есть только одна половая хромосома (X0).

Различия полов. Мужской пол часто называют сильным. Однако с точки зрения генетики это не так. Мужской организм менее устойчив ко многим неблагоприятным воздействиям: инфекции, кровопотере, стрессу и т. д. В связи с этим отношение полов 1:1 в популяциях людей нарушено: на 100 девочек рождается 106 мальчиков. Механизм этого явления пока неясен. К 18 годам соотношение становится нормальным, т. е. 1:1, к 50 годам на 100 женщин остаётся 85 мужчин, а к 80 годам — только 50.

1. Сформулируйте основные положения хромосомной теории наследственности.
2. Что такое локус?
3. Чем аутосомы отличаются от половых хромосом?
4. Какие признаки называют сцепленными с полом?
5. Охарактеризуйте генотип как целостную систему.



Хромосомная теория наследственности. Локус. Аутосомы. Половые хромосомы.



ПОДУМАЙТЕ!

В какой момент времени закладывается генетический пол будущей особи и от чего он зависит?



§ 20. ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ. ГЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое генотип?
2. Что представляет собой ген?
3. Что понимают под эволюционным процессом?

Изменчивость — это способность организмов приобретать новые признаки под действием окружающей среды. Различают два вида изменчивости: *генотипическую* (наследственную) и *фенотипическую* (ненаследственную, или модификационную) (рис. 26).

Генотипическая изменчивость. Этот вид изменчивости затрагивает наследственную информацию организма и проявляется в двух формах: мутационной и комбинативной.

Мутационная изменчивость связана с возникновением изменений в генотипе, которые происходят под влиянием разнообразных факторов внешней и внутренней среды и называются **мутациями**. При определённых условиях они приводят к внезапным скачкообразным изменениям фенотипических признаков, передающихся из поколения в поколение.

Мутации. Если мутации возникают в любых клетках тела, кроме гамет, их называют *соматическими*. Если мутировала клетка растения, из которой затем разовьётся почка, а впоследствии побег, то все клетки этого побега будут мутантными. При вегетативном размножении новые свойства будут наблюдаться и у потомства. Например, так были получены сорта смородины с белыми ягодами, а также любимые многими нектарины — сорта персика с неопущёнными плодами.

Если соматическая мутация возникла на ранних стадиях индивидуального развития (онтогенеза), то из мутировавшей клетки может развиваться большой участок ткани, все клетки которого будут мутантными. Такие особи называют *мозаиками*. Например, человек с глазами разного цвета является мозаикой. Но при половом размножении новый признак, появившийся в результате соматической мутации, потомству не передастся, так как в гаметах этой мутации нет.

Если же мутация произошла в половых клетках, то такую мутацию называют *генеративной*. Очевидно, что такие мутации передаются следующему поколению.

Причины и частота мутаций. Подавляющее число мутаций неблагоприятны или даже смертельны для организма, так как они разрушают отрегулированный на протяжении миллионов лет це-

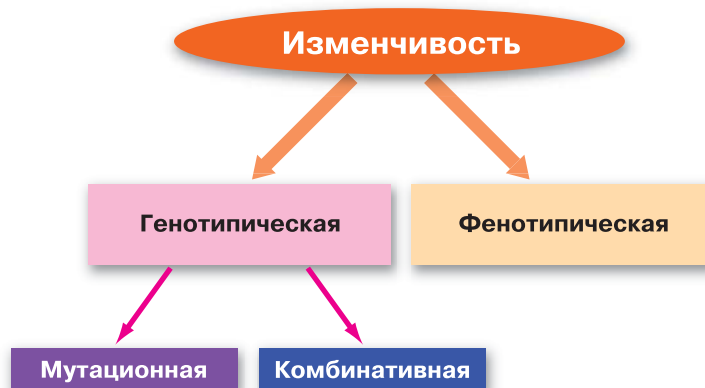


Рис. 26. Формы изменчивости

лостный генотип. Мутации могут затрагивать как отдельные гены, так и целые хромосомы или даже весь их набор.

Мутации возникают постоянно и довольно часто. Однако обычно они не проявляются в фенотипе организма или следующего поколения, так как являются рецессивными. У человека от 2 до 10% гамет имеют те или иные мутации. При близкородственном скрещивании (браке между родственниками) рецессивные мутировавшие гены могут перейти в гомозиготное состояние и проявиться в фенотипе потомства.

У каждой мутации есть какая-то причина, хотя в большинстве случаев мы не можем её определить. Однако число мутаций можно резко увеличить, воздействуя на организм с помощью так называемых **мутагенных факторов**.

Мутагенные факторы. К мутагенным факторам относят некоторые физические воздействия на организм. Сильнейшим мутагеном является *ионизирующее излучение* — электромагнитные волны с маленькой длиной волны, но с очень высокой энергией. Они проникают в ткани и клетки организма, повреждая различные молекулы, в частности молекулы ДНК. Ультрафиолетовое излучение также относится к коротковолновым. Оно может разрушать поверхностные слои тканей, становясь причиной солнечных ожогов и злокачественных заболеваний.

Мутагенным фактором также является повышенная *температура*. Например, при выращивании дрозофил при температуре выше обычной на 10 °С число мутаций увеличивается втрое.



Сильнейшим мутагенным действием обладают некоторые *химические соединения*. Например, мутации вызывают соли свинца и ртути, формалин, хлороформ, препараты для борьбы с сельскохозяйственными вредителями и др. Относительно недавно выяснилось, что причиной мутаций могут быть *вирусы*.

Из сказанного становится понятно, почему важно стараться избегать воздействия известных мутагенных факторов. И уж совсем неразумно губить себя и своих будущих детей сознательным употреблением сильных мутагенов, к которым относятся никотин, алкоголь, наркотики и т. п. Например, токсикоманы для кратковременной потери чувства реальности принимают вещества, наносящие непоправимый ущерб множеству клеток организма, в том числе и первичным половым клеткам, из которых развиваются яйцеклетки или сперматозоиды.

Эволюционная роль мутаций. По характеру воздействия на организм мутации делят на летальные, полумлетальные, нейтральные и полезные. *Летальные мутации* в клетках человеческого организма несовместимы с жизнью, и их обладатели погибают или в эмбриогенезе, или вскоре после рождения.

Полумлетальные мутации приводят к резкому ухудшению каких-либо процессов жизнедеятельности, что в большинстве случаев также рано или поздно приводит к смерти. У человека к таким мутациям относится гемофилия.

Нейтральные мутации — понятие относительное, так как любое изменение в такой отлаженной системе, как генотип, едва ли может быть не важным для организма. К таким мутациям относят, например, мутации в участках хромосом, которые не кодируют белки.

Полезные мутации, по-видимому, лежат в основе эволюционного процесса, приводя к появлению полезных для вида признаков. Эти признаки, закрепляясь естественным отбором, могут далее привести к образованию новой систематической единицы — подвида или даже вида.

Основные характеристики мутационной изменчивости:

- изменения возникают внезапно, в результате чего у организма появляются новые свойства;
- изменения наследуются, т. е. передаются из поколения в поколение;
- мутационная изменчивость не имеет направленного характера, т. е. нельзя достоверно предсказать, какой именно ген будет изменён под действием среды.



Моя лаборатория

В организме человека имеется защитная система, предохраняющая наш вид от накопления особей с генетическими отклонениями. По современным сведениям медицинских генетиков, с хромосомными отклонениями рождается в среднем 70 младенцев на 1000 здоровых детей. Но хромосомные мутации происходят гораздо чаще, однако около половины эмбрионов с такими отклонениями погибают во время беременности, а примерно 10% рождаются мёртвыми.

1. Что такое изменчивость и какие её формы выделяют? 
 2. Какие виды генотипической изменчивости вам известны?
 3. Что такое мутации?
 4. Чем соматические мутации отличаются от генеративных?
 5. Какова эволюционная роль мутаций?
 6. Каковы основные характеристики мутационной изменчивости? 
1. Охарактеризуйте роль изучения соматических мутаций растений для хозяйственной деятельности человека.
 2. Назовите основные мутагенные факторы.

**Изменчивость.
Мутации.
Мутагенные факторы.**



ПОДУМАЙТЕ!

Каковы причины относительно редкого фенотипического проявления мутаций у организмов?



§ 21. КОМБИНАТИВНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

ВСПОМНИТЕ

1. Что понимают под половым процессом?
2. Что такое кроссинговер?

Возникновение различных комбинаций генов и их роль в создании генетического разнообразия в пределах вида. В основе комбинативной изменчивости лежат три основные причины. Первая причина — это *половой процесс*, в результате которого возникает огромный набор разнообразных генотипов. Так, в соматических клетках каждого человека содержится 23 материнские и 23 отцовские хромосомы. При образовании гамет в каждую из них попадёт лишь 23 хромосомы, и сколько из них будет от отца и сколько от матери — дело случая. Когда же произойдёт оплодотворение, то в зиготе встретятся хромосомы бабушки и дедушки по матери и бабушки и дедушки по отцу. Предвидеть, чьих хромосом будет больше или меньше, невозможно.

Вторая причина комбинативной изменчивости — *кроссинговер*. Мало того, что каждая наша клетка несёт хромосомы дедушек и бабушек, определённая часть этих хромосом в результате кроссинговера получила часть своих генов от гомологичных хромосом, принадлежавших ранее другой линии предков. Такие хромосомы называют **рекомбинантными**. Участвуя в формировании организма нового поколения, они приводят к неожиданным комбинациям признаков, которых не было ни у отца, ни у матери.

Наконец, третья причина комбинативной изменчивости — *случайный характер встреч гамет* в процессе оплодотворения.

Эволюционное значение комбинативной изменчивости. Все три процесса, лежащие в основе комбинативной изменчивости, действуют независимо друг от друга, создавая огромное разнообразие всевозможных генотипов.

Гены при комбинативной изменчивости не изменяются, но возникают новые их сочетания, что и приводит к появлению организмов с новыми фенотипами, которые могут быть как полезными, так и вредными в данных условиях жизни организма.

Основные характеристики комбинативной изменчивости:

- в условиях случайного комбинирования генов при половом процессе взаимодействие различных неаллельных генов создаёт новые признаки;
- повышает жизнеспособность потомства;
- снижает и нейтрализует вредное действие мутаций.

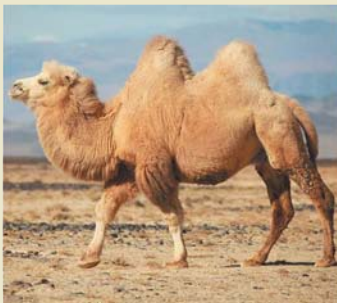


Моя лаборатория

Гетерозис. К комбинативной изменчивости примыкает явление гетерозиса (греч. *heteroiosis* — изменение, превращение). Гетерозис, или гибридная сила, может наблюдаться в первом поколении при гибридизации между представителями различных видов или сортов. Он проявляется повышением жизнеспособности, увеличением роста и другими особенностями. Классическим примером гетерозиса при неродственном скрещивании является нар — гибрид одногорбого и двугорбого верблюдов. Это сильное, выносливое животное, широко используемое в экстремальных условиях.



Одногорбый
верблюд
(дромедар)



Двугорбый верблюд
(бактриан)



Нар, гибрид между дромедаром
и бактрианом

1. Какие причины лежат в основе комбинативной изменчивости?
2. Какова роль полового процесса в реализации комбинативной изменчивости?
3. В чём заключается эволюционная роль комбинативной изменчивости?
Раскройте роль возникновения различных комбинаций генов в создании генетического разнообразия в пределах вида.



Комбинативная изменчивость. Рекомбинантные хромосомы.



ПОДУМАЙТЕ!

Реализуется ли комбинативная изменчивость у организмов, размножающихся только бесполом путём?



§ 22. ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое фенотип?
2. Какие условия среды могут действовать на организм в процессе онтогенеза?

Степень проявления действия генов может быть различной.

Например, если из одного куста смородины вегетативным путём получить несколько новых кустов, то их генотипы будут одинаковыми. Однако фенотипы растений могут сильно отличаться друг от друга по размеру и количеству листьев, размеру стеблей и т. п. Эти различия в признаках у растений с одинаковым генотипом связаны с тем, что проявление генотипа зависит от условий внешней среды. В приведённом примере можно предположить, что освещённость для одного из кустов оказалась больше, чем для других, или под ним лучше удобрена почва.

Фенотипические изменения организмов, которые не затрагивают его геном и потому не передаются из поколения в поколение, называют *модификационными*, а этот вид изменчивости — **модификационной изменчивостью**.

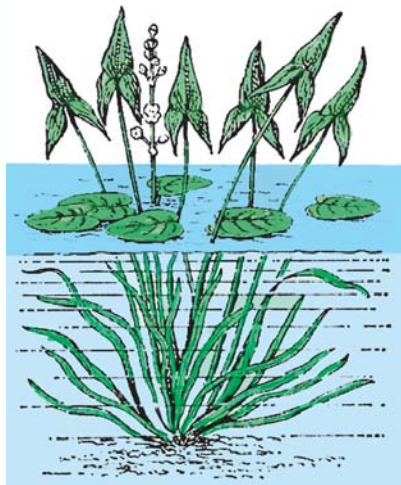


Рис. 27. Стрелолист

Фенотипическая, или модификационная, изменчивость. Все фенотипические признаки живого организма определяются комбинацией генов, составляющих его генотип. Однако гены постоянно испытывают воздействия со стороны внешней среды, поэтому степень

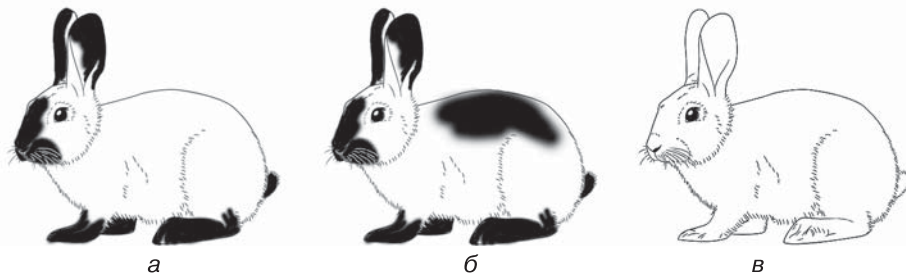
выражения модификаций подвержены количественные признаки — рост, вес, плодовитость и т. п. Классическим примером модификационной изменчивости может служить изменчивость формы листьев у растения стрелолиста, укореняющегося под водой. У одной особи стрелолиста бывают три вида листьев в зависимости от того, где они развиваются: под водой, на поверхности воды или на воздухе (рис. 27). Эти различия в форме листьев определяются также степенью освещённости, несмотря на то что набор генов в клетках каждого листа одинаков.



Роль условий внешней среды в развитии и проявлении признаков и свойств. Для различных признаков и свойств организмов характерна большая или меньшая зависимость от условий внешней среды. Например, у человека цвет радужки и группа крови определяются только генами, и условия жизни на эти признаки влиять никак не могут. А вот рост, вес, физическая сила и выносливость сильно зависят от внешних условий, например от количества и качества питания, физической нагрузки и др. Пределы модификационной изменчивости какого-либо признака называют **нормой реакции**.

Изменчивость признака иногда бывает очень большой, но она никогда не может выходить за пределы нормы реакции. Например, человек может пробежать 100 м за 11,0, 10,0, 9,0 с, а вот за 4,0 с не сможет никогда. У одних признаков норма реакции может быть очень *широкой* (например, вес быков, молочность коров), а другие признаки характеризуются *узкой* нормой реакции (например, окраска шерсти у кроликов).

Гималайский кролик — одна из старейших пород, выведенных человеком. В его окрасе присутствуют два цвета — тёмный (чаще чёрный) и белый; лапы, а также нос и хвост окрашены контрастно (*а*), глаза красные. Если у гималайского кролика выщипать участок белой шерсти и поместить его в холод, то на этом месте вырастет чёрная шерсть (*б*). Если чёрную шерсть удалить и поместить кролика в тёплое помещение, то вырастет белая шерсть. При выращивании новорождённого гималайского кролика при температуре выше 30 °С вся шерсть будет оставаться белой (*в*). У потомства двух таких белых кроликов, выращенных в нормальных условиях, будет обычное распределение пигмента.



Из сказанного выше следует очень важный вывод. Наследуется не сам признак, а способность проявлять этот признак в определённых условиях, иными словами, наследуется норма реакции организма на внешние условия.



Основные характеристики модификационной изменчивости:

- модификационные изменения не передаются из поколения в поколение;
- модификационные изменения проявляются у многих особей вида и зависят от факторов окружающей среды;
- модификационные изменения возможны только в пределах нормы реакции, т. е. в конечном счёте они определяются генотипом.

Моя лаборатория



Описание фенотипов растений

1. Рассмотрите два экземпляра натуральных или гербарных образцов растений (злаки одного сорта, дикорастущие или домашние растения одного вида). Сравните эти растения, найдите черты сходства и различий.
2. Результаты наблюдения фенотипов оформите в виде сравнительной таблицы (критерии сравнения могут быть качественные и количественные).
3. Выявите признаки, возникшие в результате модификационной изменчивости и обусловленные генотипом.
4. Сделайте вывод о причинах модификационной изменчивости.
5. Ответьте на вопрос: можно ли на садовых участках, имеющих разную экспозицию, при одинаковом уходе вырастить одинаковый урожай овощей? Почему?



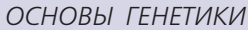
Изучение модификационной изменчивости и построение вариационной кривой

Оборудование:

Наборы биологических объектов (семена фасоли, бобов; колосья пшеницы; листья яблони, акации и др.) — не менее 30 (100) экземпляров одного вида; метр для измерения роста учащихся класса.

Ход работы:

1. Расположите листья (или другие объекты) в порядке нарастания их длины.



4. Постройте вариационную кривую, которая представляет собой графическое выражение изменчивости признака: по вертикали — частота встречаемости признака; по горизонтали — степень выраженности признака.
5. Сделайте выводы, ответив на вопросы: какие признаки фенотипа имеют узкую, а какие — широкую норму реакции? Чем обусловлена ширина нормы реакции и от каких факторов она может зависеть?

- 

Как можно объяснить факт существования людей с разной комплекцией телосложения (худые и полные), которая практически не меняется от интенсивности их питания?



ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 3

Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов. Наследственность проявляется в способности организма передавать свои признаки и свойства из поколения в поколение. Закономерности наследственности первым выявил Г. Мендель, который, применив гибридологический метод, установил законы доминирования, расщепления, чистоты гамет и независимого наследования признаков. Эти законы работают в случаях, когда гены рассматриваемых признаков располагаются в разных хромосомах. Закономерности наследования генов, расположенных в одной хромосоме, были выявлены Т. Морганом, исследования которого легли в основу современной теории наследственности. Эти и последующие исследования показали, что любой организм представляет собой сложную скоординированную систему, в которой все процессы взаимосвязаны и определяются взаимодействием генов между собой.

Изменчивость — это способность организмов приобретать новые признаки под действием условий среды. Различают генотипическую и фенотипическую изменчивость. Генотипическая изменчивость затрагивает наследственную информацию организма и проявляется в двух формах: мутационной и комбинативной. Мутационная связана с возникновением мутаций, которые могут затрагивать как отдельные гены, так и целые хромосомы или даже весь их набор. В основе комбинативной изменчивости лежат половой процесс, кроссинговер и случайный характер встреч гамет в процессе оплодотворения. Это создаёт огромное разнообразие генотипов. Фенотипическая изменчивость связана с возникновением модификационных изменений признаков организма, не затрагивающих его геном. Исследования модификационной изменчивости доказывают, что наследуется не сам признак, а способность проявлять этот признак в определённых условиях.

Закономерности наследственности и изменчивости являются универсальными для всех живых организмов, в том числе и для человека. В качестве объекта генетики человек представляет собой не самый удобный биологический вид. Биосоциальные особенности человека определили методы изучения его наследственности и изменчивости.



Т. Морган



ВЫ УЗНАЕТЕ

- о методах изучения наследственности человека;
- о генетическом разнообразии человека;
- о взаимосвязи генотипа человека и его здоровья;
- о влиянии среды на генетическое здоровье человека;
- о генетических болезнях человека.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- составлять родословную человека.



§ 23. МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ВСПОМНИТЕ

1. Какие генетические методы вам известны?
2. Почему человека называют биосоциальным существом?

с искусственными мутациями. Во-вторых, для человека характерно позднее половое созревание и, как правило, малочисленное потомство. В-третьих, у человека относительно большое число хромосом (23 пары). По-этому для изучения наследственности и изменчивости человека разработаны и применяются специальные методы.

Генеалогический метод, или метод родословных, представляет собой графическое изображение информации о наличии изучаемого признака у группы родственников с указанием степени их родства. Для составления **родословных** используют определённую символику (рис. 28). К сожалению, полные и грамотно составленные родословные встречаются довольно редко. Например, с помощью этого метода был определён характер наследования гемофилии от носительницы этого заболевания — английской королевы Виктории.

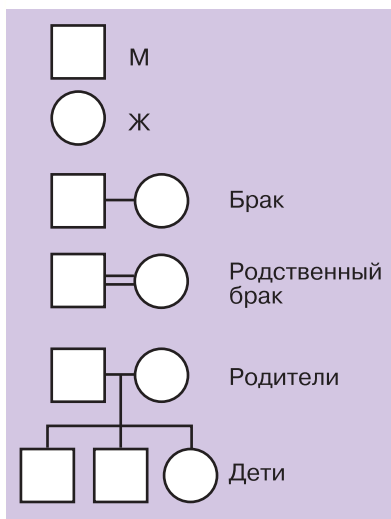


Рис. 28. Условные обозначения, принятые при составлении родословных

Методы изучения наследственности человека. Среди особенностей, затрудняющих изучение наследственности человека, можно выделить следующие. Во-первых, это невозможность (неэтичность) направленного скрещивания, а также проведения экспериментов

У человека примерно в 1% случаев рождаются близнецы. Они могут быть разнояйцевые и однояйцевые. *Разнояйцевые* близнецы (двойняшки) генетически разнородны. Они похожи между собой не более чем братья или сёстры, рождённые одновременно, и могут быть разнополыми. *Однояйцевые* близнецы имеют один и тот же генотип, поэтому обладают почти абсолютным сходством (рис. 29). Если они по какой-либо причине воспитывались в разных условиях, то разли-



чия, возникшие между ними, позволяют определить направленность и степень воздействия факторов окружающей среды на их гены. В этом заключается сущность **близнецового метода**.

Цитогенетический метод заключается в изучении хромосом при помощи микроскопа и позволяет определить их число и форму. Используя этот

метод, можно распознавать различные заболевания, например синдром Дауна, в основе которых лежит изменение числа хромосом или нарушение их строения. Кроме того, этот метод даёт возможность определить генетический пол эмбриона.

Биохимические методы позволяют определить место и характер мутации. Например, при мутации, ведущей к замене всего одной аминокислоты в огромной молекуле белка гемоглобина, возникает наследственное заболевание, получившее название серповидно-клеточной анемии, при котором эритроциты принимают форму полумесяца (рис. 30). Исследовав аминокислотный состав гемоглобина и обнаружив замену, можно сразу поставить диагноз.

Методы современной молекулярной генетики позволяют обнаружить повреждения непосредственно в молекуле — носителе генетической информации, т. е. в ДНК. **Метод анализа ДНК** даёт возможность в буквальном смысле увидеть мутации и связать эти нарушения в строении её молекул с изменениями в фенотипе.

Генетическое разнообразие человека. В генетике человека тщательно исследуют характер наследования многих признаков. От генов, полученных человеком от родителей, во многом зависит его внешний облик (цвет глаз, форма ушной раковины), физические и умственные возможности, характер, предрасположенность или, напротив, устойчивость к тем или иным болезням, естественная продолжительность жизни и др. (табл. 1).



Рис. 29. Близнецы



Рис. 30. Серповидно-клеточная анемия



Таблица 1

Некоторые доминантные и рецессивные признаки человека

Признак	Доминантный	Рецессивный
Глаза	Большие	Маленькие
	Карие, светло-карие или зелёные	Серые или голубые
	Дальнозоркость	Нормальное зрение
	Нормальное зрение	Близорукость (есть редкая доминантная форма)
	Нормальное цветное зрение	Дальтонизм
	Длинные ресницы	Короткие ресницы
	Прямой разрез	Косой разрез
Уши	Свободная мочка	Приросшая мочка
	Широкие	Узкие
Нос	Нос с горбинкой	Прямая или вогнутая переносица
	Узкая переносица	Широкая переносица
	Кончик носа смотрит прямо	Курносый нос
	Широкие ноздри	Узкие ноздри
Другие черты лица	Полные губы	Тонкие губы
	Норма	Скошенный подбородок
	Ямочка на подбородке	Гладкий подбородок
	Ямочки на щеках	Гладкие щёки
	Выдающиеся скулы	Норма
	Выступающие зубы и челюсти	Норма
	Щель между резцами	Норма
	Способность загибать язык назад	Отсутствие такой способности
	Способность свёртывать язык в трубочку	Отсутствие такой способности
	Толстая нижняя губа	Норма
	Зубы при рождении	Отсутствие зубов



Продолжение

Признак	Доминантный	Рецессивный
Волосы	Тёмные	Светлые
	Не рыжие	Рыжие
	Курчавые	Прямые
	Облысение (у мужчин)	Норма
	Норма	Облысение (у женщин)
	Белая прядь	Норма
	Преждевременное поседение	Норма
	Обильная волосатость тела	Мало волос на теле
	Широкие пушистые брови	Норма
Кожа	Тёмная кожа	Светлая кожа
	Толстая	Тонкая
	Веснушки	Отсутствие веснушек
Руки	Праворукость	Леворукость
	Кисть с 6 или 7 пальцами	Кисть с 5 пальцами
	Указательный палец длиннее безымянного (у мужчин)	Указательный палец длиннее безымянного (у женщин)
Прочие	Предрасположенность к кариесу	Здоровые зубы
	Низкий рост	Высокий рост
	Нормальное свёртывание крови	Гемофилия (признак, сцепленный с полом)
	Нормальная пигментация	Альбинизм
	Бас у мужчин	Тенор
	Абсолютный слух	Отсутствие слуха

Не следует забывать о том, что на проявление любого признака сильное влияние оказывает воздействие окружающей среды. Например, талант великого композитора В. А. Моцарта, который имел наследственную основу, развился в полной мере уже в ран-



нем детстве, благодаря тому что маленький Вольфганг вырос в мире музыки, свободно владел нотной грамотой ещё до того, как стал читать. А вот родился он со своим талантом в семье сапожника, и, возможно, мы бы никогда не услышали о таком композиторе.

Моя лаборатория



Правила составления родословных

- Работа над составлением родословной бесконечна, она может продлиться всю жизнь и потребует тщательных изысканий, поэтому необходимо завести архив, в который вы будете заносить все данные о вашей семье. Все записи, в том числе и черновые, нужно вести аккуратно и как можно подробнее.

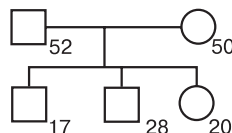
- Следует использовать общепринятые обозначения.

- При составлении родословного дерева старайтесь, чтобы каждая веточка содержала фамилию, имя, отчество. Вспомните состояние здоровья обозначенных в ней родственников, особенности характера и судьбы каждого. Расспросите об этом всех, кто знал их. Проставьте даты рождения и смерти и сделайте отметки о перенесённых заболеваниях. Ваши родители заинтересуются вашими исследованиями и помогут вам.

- Вся дальнейшая работа будет сводиться к истории вашего рода. Воссозданная родословная станет не только интереснейшей семейной реликвией, но и ценным медицинским документом, который будет просто необходим вам, вашим детям или внукам, если придётся обратиться в медико-генетическую консультацию. Ведь дать новую жизнь — огромная ответственность!

Составление родословных

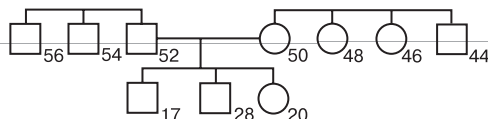
1. Изучите основные правила составления родословной; используйте условные обозначения, представленные на рисунке 28; ветви дерева должны быть абсолютно симметричными, а количество ветвей — чётным, так как число предков с каждым восходящим поколением удваивается: два родителя, четыре деда, восемь прадедов и т. д.
2. Сначала изобразите на листе бумаги родословную своей семьи: себя, роди-



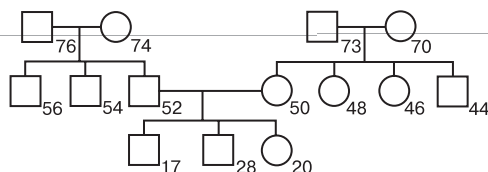


телей, своих братьев и сестёр, если они у вас есть, указав рядом с обозначением пола возраст.

3. Внесите в родословную братьев и сестёр ваших родителей:



Следующее старшее поколение — бабушки и дедушки по линии отца и матери. Они продолжают ваш чертёж вверх:



4. Зная принцип построения родословной, вы можете теперь продолжить её по вертикали, а со временем и по горизонтали.

1. Почему трудно исследовать наследственность человека?
2. Какие генетические методы применяют для изучения наследственности человека? В чём заключаются их особенности?
3. От чего зависит генетическое разнообразие человека?
4. Что влияет на формирование признаков, обусловленных генотипом человека?

Используя таблицу 1 на с. 86–87, попытайтесь определить у себя и своих близких доминантные и рецессивные фенотипические признаки. Результаты своего исследования представьте в виде таблицы.



Генеалогический метод.
Родословная.
Близнецовый метод.
Метод анализа ДНК.



ПОДУМАЙТЕ!

От чего зависит фенотипическое проявление генетических нарушений у людей?



§ 24. ГЕНОТИП И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое генотип?
2. Что такое здоровье?
3. Что такое мутации и какие их виды вам известны?

От генов, полученных человеком от родителей, во многом зависит его внешний облик, физическое и умственное развитие, предрасположенность или устойчивость к болезням. На проявление любого признака сильное влияние оказывает внешняя среда. Это связано с тем, что наследуется не сам признак, а способность проявить его в определённых условиях. Здоровый образ жизни позволяет снизить риск развития таких заболеваний, как гипертония, диабет, ревматизм. Кроме того, чтобы уменьшить вероятность возникновения наследственных заболеваний, в развитых странах существует **медико-генетическое консультирование**.

В большинстве случаев развитие наследственных заболеваний связано с возникновением мутаций. Очевидно, что, чем больше в окружающем нас мире *мутагенных факторов*, тем выше вероятность возникновения мутаций, а следовательно, наследственных заболеваний.

Мутагенные факторы. По законам, принятым в большинстве стран, все *химические препараты*, с которыми люди контактируют в быту, должны быть обязательно проверены на мутагенез, т. е. необходимо установить, не вызывают ли они мутаций. Такую проверку должны проходить пищевые добавки, лекарства, удобрения, красители, строительные материалы, косметика и т. д.

Очень много мутагенных веществ содержится в *промышленных выбросах предприятий* химической и металлургической промышленности, хотя на современных заводах не менее 30% производственных затрат уходит на создание очистных сооружений.

Относительно новая проблема — *электромагнитное загрязнение окружающей среды*. Современного человека окружает множество источников электромагнитного излучения, причём многие из них довольно мощные. К таким источникам относятся высоковольтные линии, микроволновые печи, мониторы компьютеров и телевизоров, мобильные телефоны и т. п.

Мы уже говорили о том, что мутации в организме человека происходят довольно часто. Поскольку мутации, как правило, рецессивны, то человек, сам того не подозревая, может нести в себе большой набор генетических отклонений. Ещё в древности люди



заметили, что дети, рождённые от близких родственников (браки между двоюродными и троюродными сёстрами и братьями и т. п.), чаще страдают наследственными заболеваниями. У потомков таких браков резко возрастает вероятность перехода мутантных генов в гомозиготное состояние, и патология проявляется в фенотипе потомства: увеличивается число мертворождённых детей, а также младенцев с врождёнными генетическими отклонениями. Поэтому почти во всех странах мира **близкородственные браки** запрещены или не рекомендованы.

Генетические заболевания человека. К настоящему времени известно более 4000 генетических заболеваний человека, однако достаточно полно изучено не более 500. Рассмотрим некоторые из них.

В последние годы было установлено, что у человека имеются гены, определяющие возникновение быстрой алкогольной зависимости (*алкоголизм*). Носители таких генов должны быть особенно осторожны, употребляя спиртосодержащие напитки или лекарства. Знания о строении этих генов и их расположении в хромосомах помогут бороться с этой тяжёлой и пока практически неизлечимой болезнью.

Хромосомные заболевания вызываются изменениями в числе хромосом или в их строении. Так, в клетках здорового человека находится по 46 хромосом. Наличие третьей (лишней) хромосомы в 21-й паре приводит к развитию *синдрома Дауна*, характеризующегося низким ростом, умственной отсталостью, бесплодием и сокращением продолжительности жизни.

1. В каком случае можно говорить о наследственной предрасположенности человека к заболеванию?
2. Что является основной причиной развития наследственных заболеваний?
3. Какое влияние оказывает среда на генетическое здоровье человека?
4. Какие генетические болезни вам известны?



Медико-генетическое консультирование.
Близкородственный брак.

**ПОДУМАЙТЕ!**

Можно ли избежать возникновения генетических заболеваний?



ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 4

Генетические закономерности универсальны для всех живых организмов, в том числе и для человека. Для исследования генетики человека применяют следующие методы: генеалогический, близнецовый, цитогенетический и биохимические, в том числе метод анализа ДНК.

От генов, полученных человеком от родителей, во многом зависит его внешний облик, физические и умственные возможности, характер, предрасположенность или устойчивость к тем или иным болезням, естественная продолжительность жизни и многое другое. На проявление любого признака сильное влияние оказывает внешняя среда. Это связано с тем, что обычно наследуется не сам признак, а способность проявить его в определённых условиях.

Заболевания, причиной которых являются генетические нарушения, распространены достаточно широко. В большинстве случаев их развитие связано с возникновением в генотипе различных мутаций.

Часто наследуется не заболевание, а предрасположенность к нему. Такими болезнями являются диабет, ревматизм, алкоголизм, наркомания. Для предотвращения генетических заболеваний необходимо создание практики медико-генетического консультирования.

Селекция — одна из важнейших областей практического использования закономерностей, исследуемых генетиками. Началом селекции можно считать то время, когда человек начал одомашнивать диких животных и выращивать растения. Биотехнология — это промышленное использование биологических процессов и систем на основе получения высокоэффективных форм микроорганизмов, культур клеток и тканей растений и животных с заданными свойствами. Наибольших успехов биотехнология достигла во второй половине XX в. и сейчас приобретает всё большее значение для развития цивилизации.



В.И. Мичурин

ВЫ УЗНАЕТЕ

- каковы основные задачи и методы селекции;
- каковы достижения мировой и отечественной селекции;
- о биотехнологии, её достижениях и перспективах развития;
- об этических аспектах развития некоторых направлений биотехнологии.



§ 25. ОСНОВЫ СЕЛЕКЦИИ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое сорт, порода и штамм?
2. Что изучает наука генетика?
3. Что такое гибридизация и для чего её применяют?

Селекция (лат. *selectio* — отбор) — наука о создании новых сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов с нужными человеку признаками. В результате селекционной работы выводятся новые формы бактерий, растений, грибов, животных, обладающие наследственно за-

креплёнными особенностями, резко отличающими их от исходных диких видов. Как правило, эти особенности связаны с продуктивностью или декоративными свойствами.

Задача и направления селекции. Задача современной селекции — это выведение новых и совершенствование уже существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов.

В прошлом веке в нашей стране были достигнуты большие, а по некоторым культурам выдающиеся достижения в области селекции. Современные селекционеры работают по следующим направлениям:

- 1) высокая урожайность сортов растений, плодовитость и продуктивность пород животных;
- 2) качество продукции (вкус, внешний вид, лёжкость плодов);
- 3) физиологические свойства (скороспелость, засухоустойчивость, устойчивость к болезням, вредителям и неблагоприятным климатическим условиям).

Эти и другие направления в селекции ориентированы в первую очередь на интенсивное развитие сельскохозяйственного производства.



Рис. 31. Массовый отбор



Методы селекции. Основными методами селекции любых организмов являются **гибридизация** и **искусственный отбор**. При гибридизации осуществляется скрещивание родительских особей и получение от них гибридов. В результате отбора среди этих гибридов находят особи с интересующими человека признаками. Дальнейшая селекционная работа ведётся в направлении закрепления полученных признаков в сорте или породе и зависит от особенностей размножения объектов селекции.

Искусственный отбор может быть *массовым* или *индивидуальным*. При массовом отборе (рис. 31) из потомства берут особи с нужными признаками и скрещивают их между собой, получая гибриды второго поколения. Среди них опять производят массовый отбор особей с нужными признаками и т. д. Массовый отбор обычно применяют для перекрёстноопыляемых растений и для животных. Так был получен сорт ржи Вятка.

При индивидуальном отборе выбирают особь с интересующим человека признаком и получают от неё потомство. Такой метод, естественно, не может применяться при селекции животных, которые размножаются половым путём. Чаще всего методом индивидуального отбора создаются новые сорта самоопыляющихся растений. Таким путём были получены культурные сорта капусты (рис. 32).



Рис. 32. Индивидуальный отбор



Важным методом получения новых сортов является *искусственный мутагенез*, когда, подвергая растения действию проникающего излучения и химических веществ, вызывающих мутации, пытаются получить организмы с новыми полезными свойствами. Таким путём были получены новые высокоурожайные сорта ячменя и пшеницы, выведены разновидности грибов и штаммы бактерий, выделяющих витамины, пищевые аминокислоты, антибиотики и т. п.

Во второй половине XX в. стали применять принципиально новые методы экспериментальной биологии — клеточную и генную инженерию, которые открывают возможности создания организмов с новыми, в том числе и не встречающимися в природе, комбинациями наследственных признаков.

Клеточная инженерия основана на культивировании отдельных клеток или тканей на искусственных питательных средах. Такие клеточные культуры используются для синтеза ценных веществ, производства незаражённого посадочного материала, получения клеточных гибридов. Метод гибридизации клеток приобретает всё большее значение в селекции. Оказалось, что если взять клетки разных органов, тканей или организмов, объединить их с помощью специальных приёмов в одну, то образуется новая гибридная клетка. Свойства этой гибридной клетки могут существенно отличаться от свойств родительских клеток.

Генная инженерия — это целенаправленный перенос нужных генов из одного вида живых организмов в другой, часто очень далёкий по своему происхождению. Это перспективное направление, которое в недалёком будущем позволит человеку целенаправленно улучшать наследственные качества организмов, получать в неограниченном количестве ценные биологически активные вещества. В то же время многие учёные высказывают опасения, что неконтролируемые работы в области генной инженерии могут привести к созданию организмов, опасных для человека.

Генетика как научная основа селекции организмов. Теоретические основы селекции закладывает современная генетика. Знание её законов позволяет целенаправленно управлять появлением мутаций, предсказывать результаты скрещивания, правильно проводить отбор гибридов. В результате применения генетических знаний на практике удалось создать более 10 тыс. сортов пшеницы на основе нескольких исходных диких форм, получить новые штаммы микроорганизмов, выделяющих лекарственные вещества, витамины и т. п. При этом селекция — одна из важнейших областей практического использования закономерностей, исследуемых генетиками. Она также использует достижения молекулярной биологии, биохимии и других биологических наук.



Моя лаборатория



Отдалённая гибридизация. При отдалённой гибридизации в силу генетических, морфологических, физиологических и иных различий применяют специальные приёмы преодоления нескрещиваемости. Межвидовые (межродовые) гибриды часто оказываются бесплодными вследствие нарушения процессов гаметогенеза. В то же время отдалённая гибридизация

может привести к возникновению форм, представляющих хозяйственную ценность из-за ярко выраженного гетерозиса (см. с. 77). Так, например, при скрещивании лошади с ослом получается выносливый, сильный и долгоживущий гибрид — *мул*.

Интересно, что у *лошака* — гибрида ослицы и жеребца — эффект гетерозиса практически отсутствует. Большой силой и выносливостью отличаются *нары* — гибриды одногорбого и двугорбого верблюдов. Ценны *бестеры* — гибриды белуги и стерляди.

1. Что такое селекция? В каких направлениях развивается селекция?
 2. Какие задачи решает селекция?
 3. Каковы основные методы селекции? В чём отличие массового отбора от индивидуального?
- Почему в селекции животных практически не применяют массовый отбор?



Селекция.
Искусственный отбор.
Инженерия:
клеточная,
генная.
Гибридизация.



ПОДУМАЙТЕ!

Можно ли считать научной основой селекции только генетику?



§ 26. ДОСТИЖЕНИЯ МИРОВОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

ВСПОМНИТЕ

1. Каковы основные методы селекции?
2. Что лежит в основе успешной селекционной работы?
3. Что такое старение?

Достижения мировой и отечественной селекции. Основой успеха селекционной работы в значительной степени является генетическое разнообразие исходного материала. В своей работе селекционеры используют всё многообразие диких и культурных растений. В связи с этим выдающийся генетик и селекционер академик **Николай Иванович Вавилов** (1887—1943) указал на необходимость использовать в селекции растений всё видовое многообразие флоры нашей планеты. Под его руководством были организованы научные экспедиции в разные районы Земли для сбора образцов различных культурных растений, их диких предков и сородичей. В ходе экспедиций было собрано более 160 тыс. образцов разных видов и сортов растений.

В настоящее время эта уникальная коллекция хранится во Всесоюзном институте растениеводства и используется селекционерами в их практической работе. Так, известный сорт озимой пшеницы Безостая-1 был получен в результате гибридизации сортов аргентинской пшеницы из коллекции Н. И. Вавилова с отечественными сортами. Работа по созданию семенных коллекций растений продолжается и в наше время. Сейчас коллекция, начало которой положил Н. И. Вавилов, включает более 320 тыс. образцов.

Отбор и гибридизация являются основными и традиционными методами селекции растений. Применяя массовый или индивидуальный отбор, селекционер не создаёт ничего нового, а выделяет растения с полезными качествами, уже имеющиеся в популяции. Этим методом выведены многие сорта, в том числе так называемые сорта народной селекции, например знаменитый по своим качествам сорт яблони Антоновка. Используя метод гибридизации с последующим отбором, селекционеры получили ценные высокоурожайные сорта пшеницы, ржи, подсолнечника, овощных, плодовых и других культур.



Рис. 33. Бройлерный цыплёнок



В разработку теории и практики селекции растений большой вклад внёс учёный-селекционер Иван Владимирович Мичурин (1855—1935). Он вывел около 300 новых сортов плодовых растений. В своих работах он широко применял *скрещивание географически отдалённых форм*. Так, скрещивая французский сорт груши Бере рояль с дикой уссурийской и выращивая сеянцы в условиях средней полосы России, он создал сорт Бере зимняя, сочетающий высокие вкусовые качества плодов с зимостойкостью. Методы, разработанные И. В. Мичуриным, успешно используются селекционерами и в настоящее время.



Н. И. Вавилов
(1887—1943)

Основные методы селекции животных те же, что и методы селекции растений, но при их применении селекционерам приходится учитывать ряд особенностей, характерных для животных. Животные размножаются только половым путём, а количество особей в потомстве невелико. В связи с этим при подборе селекционеру важно определить наследственные признаки, которые непосредственно у производителей могут не проявляться, например наследственные признаки самцов по жирномолочности или яйценоскости. Поэтому большую значимость приобретает оценка животных по их родословной и по качеству их потомства. Часто важное значение имеет учёт экстерьера, т. е. совокупности внешних признаков животного.

В селекции широко используют явление гетерозиса. В селекции растений сначала выводят ряд отличающихся друг от друга чистых линий, а затем производят межлинейное скрещивание. Определив линии, у которых эффект гетерозиса проявляется наиболее сильно, используют их для получения гибридных семян. Эту же методику применяют для получения высоких урожаев кукурузы, огурцов, томатов и других культур. В селекции животных явление гетерозиса особенно широко применяют в птицеводстве, например для получения бройлерных цыплят (рис. 33).

Сочетание близкородственного скрещивания с неродственным широко применяется селекционерами для выведения новых пород животных. Так, известный селекционер **Михаил Фёдорович Иванов** (1871—1935), используя эту методику, создал высокопродуктивную породу свиней Белая степная украинская, породу овец Асканийская рамбулье и др.



а

б

Рис. 34. Размеры зерна у ржи: диплоидной $2n$ (а) и тетраплоидной $4n$ (б)

на растения разными мутагенами (в основном колхицином). Таким образом, из диплоидных ($2n$) получают тетраплоидные ($4n$) формы. Большинство их неперспективны, но отдельные образцы служат ценным материалом для гибридизации и отбора. Полиплоидные растения могут отличаться от обычных более крупными размерами, высокой урожайностью и более активным синтезом органических веществ. Использование метода полиплоидии позволило селекционерам получить ценные сорта сахарной свёклы, ржи, гречихи, фасоли и других культур.

В селекции животных метод полиплоидии практически не применяется. Исключение составляет выведение генетиком **Борисом Львовичем Астауровым** (1904—1974) полиплоидных гибридов тутового шелкопряда, размножающихся партеногенезом.

Отдалённая гибридизация позволяет в одном организме совместить признаки, характерные для разных видов и даже родов. Получать такие формы из-за нескрещиваемости родителей и бесплодия (стерильности) гибридов очень сложно. Для восстановления плодovitости у отдалённых гибридов растений известный генетик **Георгий Дмитриевич Карпеченко** (1899—1941) предложил использовать метод полиплоидии. Он получил гибрид между капустой и редькой и, убедившись в его стерильности, выделил форму этого гибрида с удвоенным числом хромосом, которая оказалась плодovitой.

Успехи генной и клеточной инженерии могут дать новые возможности в селекции. Например, с применением этих методов был создан **соматический гибрид** двух видов картофеля дикого и культурного. Полученный гибрид в сравнении с родительскими формами имел промежуточные характеристики по форме листа, величине клубней, но отличался большей мощностью куста и высотой стеблей, благодаря чему и был включён в дальнейшую практическую селекционную работу.

Полиплоидию — кратное увеличение числа (набора) хромосом издавна использовали при создании сортов пшеницы, ржи (рис. 34), овса, картофеля, хлопчатника, плодовых, декоративных и других культур. Полиплоидные растения появлялись случайно в результате естественных мутаций. В настоящее время применяют методы искусственного получения полиплоидов, воздействуя



Моя лаборатория

Центры происхождения культурных растений. Н. И. Вавилов установил восемь *центров происхождения культурных растений*: 1) *восточноазиатский* — родина сои, проса, гречихи, многих плодовых и овощных культур; 2) *южноазиатский тропический* — родина риса, сахарного тростника, цитрусовых, многих овощных культур; 3) *юго-западноазиатский* — пшеница, рожь, бобовые культуры, лён, конопля, морковь, виноград и др.; 4) *переднеазиатский* — родина мягкой пшеницы, ячменя, овса; 5) *средиземноморский* — родина капусты, свёклы, маслин; 6) *абиссинский* — родина твёрдой пшеницы, сорго, бананов, кофе; 7) *центральноамериканский* — родина кукурузы, какао, тыквы, табака, хлопчатника; 8) *южноамериканский* — родина картофеля, ананаса, хинного дерева.



Об учёных, внесших значительный вклад в развитие отечественной биологии, прочитайте в книге известного российского биофизика: Шноль С.Э. Герои и злодеи российской науки. — М.: КРОН-Пресс, 1997.

1. Каково значение работ Н. И. Вавилова для селекции и биологии в целом?
2. Какой вклад внесли работы И. В. Мичурина в достижения отечественной и мировой селекции?
3. Какие достижения в селекции связаны с применением методов гибридизации и отбора?

Приведите примеры использования в селекции явления гетерозиса.



**Поли-
плоидия.
Соматический
гибрид.**



ПОДУМАЙТЕ!

Какие возможности открывает перед селекцией использование методов геномной и клеточной инженерии?



§ 27. БИОТЕХНОЛОГИЯ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие живые объекты относят к микроорганизмам?
2. Каковы особенности селекции животных и растений?

Биотехнология. Процессы получения необходимых человеку веществ с помощью живых организмов называют **биотехнологией**. Многие биотехнологические процессы основаны на деятельности микроорганизмов, роль которых в производстве лекарств, биологически активных соединений, кормовых добавок, многих молочных продуктов невозможно переоценить.

Микроорганизмы и особенности их селекции. К микроорганизмам относят всех прокариот, а из эукариот — простейших, микроскопические формы грибов и водорослей. Все они находят широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве, медицине. Бактерии применяют для производства витаминов группы В, пищевых и кормовых белков, аминокислот, которых недостаёт в пище. Из плесневых грибов выделяют вещества — **антибиотики**, убивающие патогенных микробов. Многие бактерии и грибы используют в сельском хозяйстве для борьбы с различными вредителями. Некоторые микроорганизмы помогают извлекать ценные металлы (золото, серебро, медь) из руд при их переработке.

Селекция микроорганизмов в отличие от селекции растений и животных имеет ряд особенностей. На небольшой площади в специальных аппаратах с питательной средой в считанные дни можно вырастить миллиарды особей. Гаплоидный геном (n) микроорганизмов даёт возможность эффективно использовать в их селекции мутационный процесс, позволяя выявлять мутации уже в первом поколении.

До недавнего времени основными методами получения высокопродуктивных штаммов микроорганизмов был *искусственный мутагенез* и последующий отбор групп генетически идентичных клеток — **клонов**. Успехи, достигнутые молекулярной биологией и генетикой, привели к созданию новых методов селекции микроорганизмов. В их основе лежит генная инженерия, которая позволяет выделять необходимый ген и вводить его в новое генетическое окружение с целью создания организма. С помощью этих методов получают такие важные медицинские препараты, как интерферон, гормоны роста, инсулин и др.



Достижения и перспективы развития биотехнологии. С древних времён известны отдельные биотехнологические процессы, используемые в различных сферах практической деятельности человека. К ним относятся хлебопечение, виноделие, пивоварение, приготовление кисломолочных продуктов и т. д. Наши предки не имели представления о сути процессов, лежащих в основе этих технологий, но в течение тысячелетий, используя метод проб и ошибок, совершенствовались их. Биологическая сущность этих процессов была выявлена лишь в XIX в., благодаря научным открытиям **Луи Пастера (1822—1895)**. Его работы послужили основой для развития производств с использованием разнообразных видов микроорганизмов. В первой половине XX в. стали применять микробиологические процессы для промышленного получения ацетона, антибиотиков, органических кислот, витаминов, кормового белка.

Успехи, достигнутые в фундаментальных исследованиях в области цитологии, биохимии, молекулярной биологии и генетики во второй половине XX в., способствовали бурному развитию биотехнологии. Селекция высокопродуктивных штаммов микроорганизмов позволила увеличить эффективность биотехнологических процессов в десятки и сотни раз.

Дальнейшее развитие биотехнологии как отрасли сельскохозяйственного производства позволит решить многие важные проблемы человечества. Острейшей проблемой является нехватка продовольствия. В связи с этим усилия биотехнологов направлены на повышение эффективности растениеводства и животноводства.

Культурные растения страдают от сорняков, насекомых-вредителей, фитопатогенных грибов, бактерий, вирусов и т. д. Перечисленные факторы наряду с неблагоприятными погодными условиями значительно снижают урожайность сельскохозяйственных растений. Учёные не только создают высокоурожайные сорта, устойчивые к неблагоприятным факторам, но и разрабатывают биотехнологические пути защиты растений: например, производят биологические средства борьбы с вредителями на основе использования их естественных врагов и паразитов, а также токсических продуктов, образуемых живыми организмами. Всё шире на промышленной основе применяется вегетативное размножение сельскохозяйственных растений **методом культуры тканей**. Он позволяет не только быстро размножить новые перспективные сорта растений, но и получить незаражённый вирусами посадочный материал.

Несомненно, уже сделанные открытия и будущие достижения в области биотехнологии станут использоваться практически во всех



Рис. 35. Клонированная овца Долли

сферах человеческой деятельности. В то же время современные исследования требуют проведения тщательного анализа всех возможных опасных последствий.

Этические аспекты развития некоторых направлений биотехнологии. В 1997 г. научная общественность была взбудоражена сообщением, что в Англии успешно завершились эксперименты по генетическому **клонированию** овцы. Для этого использовали ядра соматических клеток, полученных из ткани молочной железы взрослой овцы-донора. Из яйцеклетки удалялось ядро и замещалось ядром соматической клетки. Образовавшуюся диплоидную яйцеклетку стимулировали

к дроблению электрошоком и пересаживали в овцу-реципиента. Через 148 дней приёмная мама родила живую овечку, которую называли Долли (рис. 35).

Открытие английских учёных показало, что соматические клетки взрослого организма млекопитающих способны передавать полную информацию о всех признаках, характерных для взрослой особи. Следовательно, как считали учёные, открываются возможности воспроизведения многочисленных генетических копий выдающихся по продуктивности животных-рекордистов. Но в ходе дальнейших наблюдений за овечкой Долли было установлено, что она стала очень быстро стареть. К тому времени, когда Долли достигла размеров взрослой овцы, её физиологическое состояние было такое же, как у старой особи. Это поставило под сомнение целесообразность клонирования животных.

Клонирование человека. Стремительное развитие биотехнологии привело к тому, что перед человечеством встал вопрос о *клонировании человека*. В настоящее время существуют различные подходы к этой проблеме. Клонирование человека — действие, заключающееся в формировании и выращивании принципиально новых человеческих существ, точно воспроизводящих не только внешне, но и на генетическом уровне того или иного индивида, ныне существующего или ранее существовавшего. В настоящее время во многих странах, в том числе и в России, активно разрабатываются законы, направленные на введение в правовые рамки работ по генной инженерии, а также исследований по клонированию человека. Важно, чтобы новые научные исследования и разработки в области биотехнологии были направлены на благо человечества.



Моя лаборатория

Последовательность операций при селекции микроорганизмов. На начальном этапе из исходной культуры микроорганизмов выделяют наиболее продуктивные штаммы, обладающие полезными для человека свойствами. На следующем этапе отобранные штаммы подвергают действию мутагенов (ионизирующее и ультрафиолетовое излучение, некоторые химические вещества) и получают различные мутации. Вероятность возникновения мутаций у микроорганизмов та же, что и у всех других организмов: примерно 1 мутация на 1 млн особей по каждому гену. Однако, учитывая то, что получить миллионное и миллиардное потомство у микроорганизмов нетрудно, вероятность выделения мутаций по данному гену достаточно высока.

Отобранный клон подвергается многократному пересеву на питательную среду с контролем на образование требуемого продукта. Цель такого многократного клонирования — получение наиболее однородной популяции клеток. После получения продуктивных штаммов приступают к их размножению. Использование данной технологии позволило селекционерам получить штаммы, продуктивность которых в сотни и тысячи раз выше по сравнению с исходными штаммами микроорганизмов, взятых из природы.

1. Что такое биотехнология?
2. Для получения каких видов продукции человек использует микроорганизмы?
3. Чем селекция микроорганизмов отличается от селекции растений и животных?
4. Почему методы клеточной и генной инженерии считаются перспективными в селекции и биотехнологии?

Обсудите проблему возможности клонирования животных и человека с биологической, хозяйственной и этической точек зрения.



Биотехнология.
Антибиотики.
Метод культуры тканей.
Клон.
Клонирование.



ПОДУМАЙТЕ!

К каким негативным последствиям могут привести неконтролируемые исследования в области генной инженерии?



ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 5

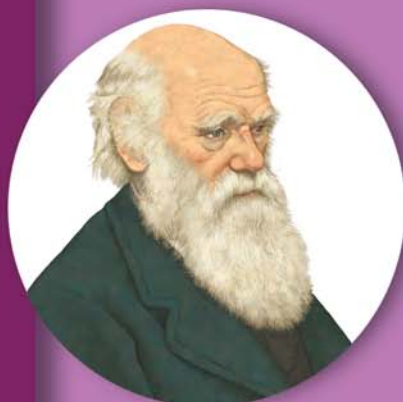
Селекция — наука о выведении новых и совершенствовании существующих сортов растений, пород животных и штаммов микроорганизмов с необходимыми человеку свойствами. Теоретической базой селекции является генетика. Она также использует достижения теории эволюции, молекулярной биологии, биохимии и других биологических наук.

Основой успеха селекционной работы в значительной степени является генетическое разнообразие исходного материала. Большой вклад в развитие селекции внесли наши соотечественники: Н. И. Вавилов, И. В. Мичурин, Б. Л. Астауров, Г. Д. Карпеченко и др.

Основными методами селекции являются гибридизация, отбор и искусственный мутагенез. Во второй половине XX в. стали применять новые методы — клеточную и генную инженерию, которые легли в основу биотехнологии.

Биотехнология — это использование живых организмов и биологических процессов в производстве. Уже сделанные открытия и будущие достижения в области биотехнологии дадут большие возможности в решении многих проблем, стоящих перед человечеством. В то же время современные биотехнологические исследования требуют проведения тщательного анализа всех возможных опасных последствий. Важно, чтобы новые научные исследования и разработки в биотехнологии были направлены на благо человечества.

На Земле существует огромное количество видов живых организмов. Вопросы, связанные с причинами возникновения этого разнообразия и его постоянного изменения, до сих пор актуальны. Поиском ответов на них занимается область биологии, в основе которой лежит научная теория эволюции. Эволюционное учение пронизывает все области биологии как основная объединяющая идея.



Ч. Дарвин



ВЫ УЗНАЕТЕ

- основные положения учения об эволюции органического мира;
- об основных движущих силах эволюции;
- чем один вид отличается от другого;
- об основных механизмах видообразования.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- выявлять черты приспособленности организмов к среде обитания.



§ 28. УЧЕНИЕ ОБ ЭВОЛЮЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

ВСПОМНИТЕ

1. Что вам известно о происхождении живых организмов?
2. Что такое наследственность и изменчивость?

Жизни, возникшие более 3 млрд лет назад, дали начало сложным многоклеточным организмам нашего времени.

Эволюционная теория Дарвина. Создателем основ современного эволюционного учения по праву считают великого английского биолога **Чарлза Дарвина** (1809—1882). В своих работах Дарвин объяснил изменение органического мира действием законов природы без вмешательства сверхъестественных сил. Это объяснение можно сформулировать в виде довольно простых положений:

1. Организмы обладают *изменчивостью*. Невозможно найти две особи, относящиеся к одному виду, у которых все признаки были бы одинаковыми.

2. Различия между организмами, хотя бы частично, передаются по наследству.

3. Теоретически при благоприятных условиях любые организмы могут размножиться в геометрической прогрессии, однако такого не случается, так как жизненные ресурсы ограничены, и многие особи погибают в *борьбе за существование*, не успев произвести потомство.

4. Те организмы, которые располагают свойствами, полезными в данных условиях существования, имеют бóльшую вероятность выжить. Выживая, они имеют преимущество в передаче этих полезных свойств потомству. Дарвин назвал этот процесс *естественным отбором* или выживанием наиболее приспособленных.

Идеи Ч. Дарвина были научно обоснованы фактическим материалом, поэтому большинство учёных принимает их и сегодня. В XX столетии эволюционное учение Дарвина было подкреплено хромосомной теорией наследственности, развитием молекулярно-генетических исследований, систематики, экологии, эмбриологии, палеонтологии и других областей биологии.

Чарлз Дарвин — основоположник учения об эволюции. Огромную роль в том, что Дарвин заинтересовался проблемами видооб-



разования, сыграло его пятилетнее путешествие в качестве натуралиста к берегам Южной Америки на корабле «Бигль» (рис. 36). Во время этого путешествия он обратил внимание на поразительную изменчивость жизненных форм и их приспособленность к условиям обитания.

Посетив несколько раз сравнительно молодые вулканические острова Галапагосского архипелага, населённые живыми организмами с южноамериканского континента, Дарвин установил, что обитающие здесь виды растений и животных отличаются от тех же видов на континенте. Он обнаружил ископаемые останки гигантских ленивца и броненосца, существенно превосходивших размерами своих родственников, населяющих Центральную и Южную Америку, открыл обитающих здесь гигантских черепах и новый вид игуан, которые кормились в море, питаясь водорослями (на материке игуаны являются обычными сухопутными ящерицами, живущими в засушливых районах). Учёный предположил, что на острова эти животные попали с материка и здесь изменились.

В Австралии Дарвина заинтересовали сумчатые и яйцекладущие млекопитающие, которые вымерли в других местах земного шара. Австралия как материк обособилась ещё до возникновения высших млекопитающих, поэтому эти животные развивались независимо от обитателей других материков. Всё увиденное навело Дарвина на мысль, что изменения организмов должны соответствовать изменениям условий, в которых протекает их жизнь.

Ч. Дарвин собирал данные об изменчивости животных и растений не только в природе, но и в условиях одомашнивания. В течение тысячелетий человек проводил отбор организмов, обладавших полезными для него свойствами (искусственный отбор). Дарвин сопоставил искусственный отбор с процессами, происходящими в природе.

Ключевым моментом стало для Дарвина его знакомство с работами **Томаса Роберта Мальтуса** (1766—1834), книгу которого он прочитал через два года после возвращения из экспедиции. Мальтус доказывал, что живые организмы стремятся размножиться в



Рис. 36. Маршрут Ч. Дарвина на судне «Бигль»



геометрической прогрессии. Несложный подсчёт показывает, что одна бактерия, например, за трое суток способна дать потомство, общая масса которого достигнет тысячи тонн. Фактически этого никогда не случается, и численность остаётся более или менее постоянной из-за смертности, происходящей в силу того, что жизненные ресурсы ограничены и достаются лишь немногим — тем, кто способен одержать победу в борьбе за жизнь.

В возрасте 50 лет Дарвин написал и опубликовал одну из наиболее замечательных книг за всю историю человечества «Происхождение видов путём естественного отбора, или Сохранение благоприятствующих пород в борьбе за жизнь» (1859). В этой книге объяснён механизм эволюции — постепенный естественный отбор случайных наследственных изменений, полезных в конкретных условиях среды.

Моя лаборатория

Ч. Дарвин об искусственном отборе. Дарвин был хорошо знаком с изменчивостью домашних животных. Так, он замечал, что различия между разными породами одного и того же вида одомашненных животных порой даже более значительны, чем между разными видами диких животных. Например, различные формы голубей (как и других животных, например собак) при разведении могут отбираться человеком по некоторым определённым признакам. Если селекционер заинтересован в сохранении и увеличении числа особей с длинными крыльями, он отбирает этих особей, поддерживая условия, способствующие их выживанию и размножению. Но это отбор человека, или искусственный отбор (рис. 37).



Рис. 37. Разнообразие пород собак



Однако требования человека и условия природной среды, в которой нужно выжить, неравнозначны. Свойства, полезные с точки зрения человека, могут оказаться бесполезными и даже вредными в борьбе за жизнь, происходящей в дикой природе. В природе действует другой вид отбора — естественный. Его требования сводятся лишь к одному — способности выжить.



Возьмите в библиотеке книгу Ч. Дарвина «Происхождение видов путём естественного отбора» с комментариями современных учёных-эволюционистов А. В. Яблокова и Б. М. Медникова (М.: Просвещение, 1986), почитайте её. Попробуйте определить, в каком стиле написана эта книга. По каким признакам можно установить, что книга написана научным языком? Подтвердите примерами.



На сайте <http://gotourl.ru/13373> прочитайте автобиографию Ч. Дарвина «Воспоминания о развитии моего ума и характера».

1. Что такое эволюция?
2. В чём состоят основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина?



1. Понаблюдайте за двумя особями животных и/или растений, которые относятся к одному виду. Составьте списки различий.
2. Подготовьте сообщения о Ч. Дарвине как учёном-исследователе и основоположнике учения об эволюции органического мира.



**Эволюция.
Эволюцион-
ная теория
Дарвина**



ПОДУМАЙТЕ!

Какое значение для развития биологии как науки имеет эволюционный подход к изучению живых организмов?



§ 29. ВИД. КРИТЕРИИ ВИДА

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое биологический вид?
2. Какие виды растений и животных вам известны?

Как определить видовую принадлежность организма. С давних пор к одному и тому же виду относят особей, внешне похожих друг на друга, т. е. морфологически сходных. Ещё Карл Линней определял виды как целостные группы организмов, отличные от других жизненных форм по признакам строения. Со временем обнаружилось, что внешнего сходства для отнесения организма к тому или иному виду недостаточно. Сейчас выделяют целый ряд признаков, которые позволяют отличить один вид от другого. Эти признаки называют **критериями вида**.

Морфологический критерий вида — это совокупность внешних признаков организма. Но особи в пределах вида иногда настолько изменчивы, что для определения вида только морфологического критерия бывает недостаточно. Существуют виды внешне очень сходные, но не скрещивающиеся между собой. Это виды-двойники. Например, существуют два вида-двойника чёрных крыс. У небольшой рыбки щиповки, широко распространённой в пресных водоёмах, три вида-двойника. Виды-двойники встречаются у самых различных организмов: рыб, насекомых, млекопитающих, растений.

Генетический критерий — это характерный для каждого вида набор хромосом, их число, размеры, форма, состав ДНК. Особи разных видов имеют разные наборы хромосом, поэтому они не могут скрещиваться. Именно по числу хромосом можно различить виды-двойники. Так, у двух видов-двойников чёрных крыс разное число хромосом (38 и 42). Тем не менее только генетического критерия недостаточно для определения видовой принадлежности. Существуют разные виды с одинаковым набором хромосом (например, разные виды семейства кошачьих).

Экологический критерий — это характерное для вида положение в природных сообществах: его связи с другими видами, пищевая база, т. е. те условия внешней среды, которые необходимы для его существования (см. § 43 «Экологическая ниша»). Этого критерия также недостаточно для определения видовой принадлежности, так как разные виды могут не различаться по этому критерию.



Географический критерий характеризует область распространения вида в природе — **ареал**. Но ареалы разных видов могут перекрываться.

Репродуктивная изоляция — это невозможность скрещивания особей разных видов. Репродуктивная изоляция обеспечивается различиями в строении половых органов, расхождением в сроках или местах размножения, различиями поведения, нежизнеспособностью или стерильностью гибридов и другими механизмами. В природе, однако, встречаются виды, которые скрещиваются или дают плодовитое потомство. Это случается, например, при спаривании собак с волками. Плодовитыми могут быть гибриды некоторых видов птиц (канарейки, зяблики), а также растений (тополя, ивы).

Итак, ни один из критериев вида не является абсолютным. Лишь в совокупности перечисленные критерии позволяют с достаточной надёжностью установить принадлежность организма к тому или иному виду.

С учётом перечисленных критериев можно дать такое определение вида. **Биологический вид** — это совокупность особей, способных в природных условиях скрещиваться с образованием плодовитого потомства, населяющих определённый ареал, обладающих рядом общих морфологических, физиологических и других признаков.

1. Что такое критерии вида?
2. Какие критерии вида вам известны?
3. Что называют ареалом вида?
4. Что понимают современные учёные под биологическим видом?



1. Составьте список известных вам видов растений и/или животных. Попробуйте сгруппировать их по степени морфологического сходства.

2. Докажите относительный характер критериев вида.

Биологический вид.
Критерии вида.



ПОДУМАЙТЕ!

По каким физиологическим признакам могут различаться особи одного вида?



§ 30. ПОПУЛЯЦИОННАЯ СТРУКТУРА ВИДА

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое генотип и фенотип?
2. Что такое мутация?
3. Что понимают под комбинативной изменчивостью?

Популяционная структура вида. Вид представляет собой более сложное образование, чем совокупность сходных по определённым критериям особей. Каждый вид состоит из системы естественных групп особей — популяций, представляющих население отдельных участков места обитания данного вида — ареала.

Популяция — это группа свободно скрещивающихся между собой организмов одного вида, занимающая определённый участок внутри ареала вида и частично или полностью изолированная от других популяций данного вида.

Существование видов в форме популяций — следствие неоднородности внешних условий. Подходящие для того или иного вида участки обитания образуют как бы отдельные островки. Виды заселяют эти островки своими популяциями.

В пределах каждой популяции организмов, размножающихся половым путём, происходит постоянный обмен генетическим материалом. Скрещивание особей разных популяций происходит реже, поэтому генетический обмен между разными популяциями ограничен. В результате каждая популяция характеризуется своим специфическим набором генотипов — **генофондом**. В каждой отдельной популяции накапливаются генотипы, которые наиболее адаптивны к конкретным условиям жизни. Таким образом, каждая популяция эволюционирует независимо от других популяций данного вида.

Популяции сохраняют устойчивость во времени и пространстве, хотя их численность может изменяться год от года вследствие изменений условий размножения и развития организмов. Внутри популяций имеются ещё более мелкие группы, которые могут объединять особей со сходным поведением или на основе родственных связей (например, стайки рыб или воробьёв, прайды львов). Однако такие группы могут распадаться под влиянием внешних факторов или смешиваться с другими.

Взаимоотношения организмов в популяциях. Составляющие популяцию организмы связаны друг с другом различными взаимоотно-



ношениями. С одной стороны, их объединяет участие в размножении. С другой стороны, они могут конкурировать друг с другом за те или иные виды ресурсов, могут поедать друг друга или вместе обороняться от хищника.

Внутренние взаимоотношения в популяциях очень сложны и часто противоречивы, поэтому реакции отдельных особей на изменения условий жизни и популяционные реакции часто не совпадают. Гибель отдельных организмов (например, от хищников) может улучшить качественный состав популяции (в том числе качество наследственного материала, которым располагает популяция), повысить её способность к выживанию в меняющихся условиях среды.

Популяция как элементарная эволюционная единица. Популяции играют важнейшую роль в эволюционных преобразованиях вида. Отдельная особь не может эволюционировать, так как её генотип определяется в момент оплодотворения. Все процессы, ведущие к изменениям вида, начинаются на уровне популяций, потому что естественный отбор может идти только в группе особей. Выжившие в результате отбора особи передадут свои гены потомкам. В передаче своих генов потомству и заключается роль отдельной особи в эволюции. Но при передаче потомству родительские гены не всегда остаются абсолютно неизменными — в них могут возникать наследственные изменения (мутации). Мутационный процесс и комбинативная изменчивость создают генетическое разнообразие популяции, которое служит материалом для эволюции.

1. Что такое популяция?
2. Почему биологические виды существуют в форме популяций?
3. Что такое генофонд популяции?
4. Какую роль играют популяции в эволюционных преобразованиях?

Охарактеризуйте на конкретном примере взаимоотношения особей одной популяции вида.



**Популяция.
Генофонд.**



ПОДУМАЙТЕ!

Меняется ли в течение эволюции генотип популяции или он всегда постоянен? Каковы причины этого явления?



§ 31. ВИДООБРАЗОВАНИЕ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое репродуктивная изоляция?
2. Что такое генофонд популяции?

расщепляется на два или более новых вида. Именно этот процесс обеспечивает огромное разнообразие органического мира.

Крупные эволюционные события — возникновение отрядов, классов, типов, царств — называют **макроэволюцией**. Макроэволюционные процессы вы будете изучать в старшей школе.

Стадии видообразования. Видообразование обычно складывается из двух стадий: первая — возникновение репродуктивной изоляции, вторая — её закрепление естественным отбором.

На первой стадии обмен генами между двумя популяциями данного вида должен быть прекращён. Обычно это происходит в результате географического разделения, например возникновения между популяциями горной цепи, ледника, водной преграды и пр. Отсутствие обмена генами между двумя популяциями создаёт возможность для их генетического расхождения. Подобное расхождение может возникать и в результате адаптации организмов к местным условиям, и в результате случайных изменений в составе генофонда каждой из популяций. По мере накопления генетических различий между изолированными популяциями возникают и другие изолирующие механизмы, например различия в сроках размножения, в поведении и т. д. В дальнейшем разделение популяций становится необратимым. На втором этапе процесс возникновения полной изоляции поддерживается естественным отбором.

Формы видообразования. Различают две основные формы видообразования: географическое и экологическое.

Географическое видообразование происходит вследствие разделения ареала популяции или группы популяций непреодолимыми барьерами: проливами, горами и др. (рис. 38, а). Этот процесс может происходить также на границе ареала исходного вида, где отличаются условия жизни и активно протекают процессы естественного отбора.

Понятие микроэволюции. Эволюционные изменения, протекающие на популяционном, внутривидовом уровне, называют **микроэволюцией**. Проявлением этих изменений является **видообразование**, которое происходит в тех случаях, когда биологический вид



Рис. 38. Географическое (а) и экологическое (б) видообразование

При обособлении популяции обмен наследственной информацией между нею и остальными популяциями прекращается. Особенности местных условий определяют направление отбора. Постепенно в генофонде изолированной популяции происходит накопление новых мутаций, которые могут отличаться от мутаций, которые в это же время закрепляются в других популяциях родительского вида. В результате этих изменений и действия естественного отбора в популяциях накапливается всё больше и больше генетических различий. Со временем эти различия приводят к возникновению репродуктивной изоляции.

Примером такого процесса может быть возникновение новых видов ландыша от исходного вида ландыша, обитавшего миллионы лет назад в широколиственных лесах Европы. Нашествие ледника разорвало единый ареал ландыша на несколько частей. Растение сохранилось на лесных территориях, избежавших оледенения: на Дальнем Востоке, юге Европы, в Закавказье. Когда ледник отступил, ландыш вновь распространился по Европе, образовав новый вид, более крупный, с широким венчиком, а на Дальнем Востоке — вид с восковым налётом на листьях.

Ещё одним примером географического видообразования может служить многообразие географических рас большой синицы. Эта синица широко расселена. Её географические расы различаются окраской спины и брюшка, толщиной клюва, длиной хвоста и другими признаками. При этом одни расы большой синицы сосуществуют в зонах контакта не скрещиваясь, а другие образуют на этих территориях гибридные популяции. Границы между одними



расами по морфологическим признакам обозначены чётко, а между другими имеются плавные переходы; одни расы занимают громадные ареалы (европейская большая синица), другие локализованы в отдельных горных областях (индийская большая синица) или на островах. В результате у большой синицы образовалась сложная система популяций, стоящих на разных этапах обособления. Поэтому в скором времени возможно полное расхождение популяций и возникновение новых видов синиц.

Экологическое видообразование предполагает появление новых форм особей внутри исходных популяций, населяющих один и тот же географический район и не разделённых барьерами (рис. 38, б). Предполагают, что механизмы этого явления могут быть различными. Вероятно, в результате экологического видообразования произошли близкородственные виды рыб в изолированных озёрах.

Например, озеро Тана (Эфиопия) заселено комплексом близкородственных видов рыб барбусов. Среди них обнаружены хищные и растительноядные формы, виды, добывающие корм со дна, и виды, питающиеся у поверхности воды. При этом они имеют ярко выраженные приспособления к тому или иному способу питания. Очевидно, что такое разнообразие форм возникло в пределах единой популяции в результате пищевой конкуренции. Процесс экологического видообразования у барбусов озера Тана ещё не завершён, и с этим связаны сложности их систематики: разные исследователи выделяют здесь от 6 до 23 видов, некоторые же вообще предлагают объединить все формы в один вид.

Ещё одним примером экологического видообразования являются личинки североамериканской яблонной мухи, которые развивались только в плодах боярышника. Примерно через 200 лет после того, как в Америку завезли яблони, личинки этой мухи были обнаружены в яблоках. В настоящее время боярышниковая и яблоневая расы этой мухи почти не скрещиваются друг с другом. Яблоневая раса спаривается почти исключительно на яблонях, а боярышниковая — на боярышнике, что, учитывая разное время созревания плодов, приводит к репродуктивной изоляции. В скором времени можно ожидать образование из этих рас самостоятельных видов. Вслед за яблонной мухой подобное видообразование происходит у наездника, личинки которого паразитируют на личинках яблонной мухи. После появления новой расы мух появилась и новая раса наездников.

Значение знаний о микроэволюции. Знание закономерностей микроэволюции имеет огромное значение для практической деятельности человека.



Понимание биологической сущности микроэволюционных процессов позволяет человеку при необходимости осуществлять *управление природными популяциями*. Например, для борьбы с вредителями сельского хозяйства или разносчиками инфекционных заболеваний человек вынужден прибегать к использованию различных ядохимикатов. С течением времени эффективность ядохимикатов снижается за счёт появления и размножения особей, устойчивых к его действию. Понимание сущности этой проблемы позволяет сделать вывод о необходимости поиска иной стратегии борьбы с возбудителями и переносчиками болезней.

В решении одной из важнейших задач нашего времени — сохранении на Земле условий для существования человечества особая роль принадлежит *охране живой природы*. Применение знаний о микроэволюционных процессах необходимо при решении большинства конкретных задач охраны природы и *рационального природопользования* (см. § 49 «Экологические проблемы современности»).

Моя лаборатория

Возникновение в природе межвидовых гибридов не редкость. Однако большинство из них является бесплодными. В некоторых случаях благодаря последующему удвоению хромосом у межвидовых гибридов могут формироваться нормальные половые клетки, в результате чего они получают возможность размножаться половым путём. Примером является культурная слива с диплоидным набором хромосом $2n = 48$, которая возникла путём скрещивания тёрна ($n = 16$) с алычой ($n = 8$) с последующим удвоением числа хромосом.

1. Что общего между понятиями «микроэволюция» и «видообразование» и чем они различаются?
2. Каковы основные стадии видообразования?
3. Какие основные формы видообразования вам известны? Приведите примеры.



**Микро-
эволюция.
Видообразо-
вание.
Макроэволюция.**



ПОДУМАЙТЕ!

Какая форма видообразования является более длительной по времени и почему?



§ 32. БОРЬБА ЗА СУЩЕСТВОВАНИЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР — ДВИЖУЩИЕ СИЛЫ ЭВОЛЮЦИИ

ВСПОМНИТЕ

1. Каковы основные положения эволюционного учения Дарвина?
2. Что такое геометрическая прогрессия размножения?
3. Почему эволюционные изменения популяций сопровождаются направленным изменением генофонда?
4. Что вам известно о животных альбиносах и меланистах?

Всем живым существам присуща способность производить большее число потомков, чем их может выжить в реальных условиях. Самка аскариды, например, производит 200 тыс. яиц в сутки, серая крыса — 5 помётов в год, в среднем по 8 крысят, достигающих половой зрелости к трёхмесячному возрасту, в одном плоде кукушкиных слёзок не менее 186 тыс. семян. Несоответствие между численностью появляющихся в популяции особей и ресурсами среды неизбежно приводит к **борьбе за существование**. Под

борьбой за существование понимают не прямую схватку, а сложные и многообразные отношения организмов внутри одного вида, между разными видами и с неорганической природой.

Формы борьбы за существование. Ч. Дарвин различал три формы борьбы за существование: внутривидовую, межвидовую и борьбу с неблагоприятными условиями неорганической природы.



Рис. 39. Хвойный лес



Наиболее напряжённая — *внутривидовая борьба*. Яркий пример внутривидовой борьбы — состязание между одновозрастными деревьями хвойного леса (рис. 39). Самые высокие деревья своими широко раскинувшимися кронами перехватывают основную массу солнечных лучей, а их мощные корневые системы поглощают из почвы растворённые минеральные вещества в ущерб более слабым соседям. Внутривидовая борьба особенно обостряется при повышении плотности популяций. Например, при обилии птенцов у некоторых видов птиц (многие виды чаек, буревестники) более сильные вытесняют из гнёзд более слабых, обрекая их на гибель от хищников или голода.

Но внутривидовые отношения могут включать и взаимопомощь, и кооперацию. Противоречия в этом нет — подобное поведение характерно для групп, состоящих из близких родственников, и направлено на сохранение и передачу потомкам своего генетического материала.

Межвидовая борьба — это отношения между организмами разных видов. Она может проявляться в форме соревнования за одни и те же природные ресурсы или в форме одностороннего использования одного вида другим. Пример соревнования за сходные виды ресурсов дают взаимоотношения серой и чёрной крыс, борющихся за место в поселениях человека. Серая крыса, более сильная и агрессивная, со временем вытеснила чёрную, которая в настоящее время встречается лишь в лесных районах или в пустынях. В Австралии обыкновенная пчела, которую привезли из Европы, вытеснила маленькую туземную, не имеющую жала.

Другой пример межвидовой борьбы — взаимоотношения между хищником и жертвой (рис. 40): птицами и насекомыми, рыбами и мелкими рачками, волками и оленями и т. д. Лишь в этих случаях борьба за существование выражается в непосредственной схватке: хищники грызутся из-за добычи или хищник сражается с жертвой. Результатом таких отношений являются согласованные эволюционные изменения и хищника, и жертвы. У хищника по-



Рис. 40. Межвидовая борьба



Рис. 41. Борьба растений с неблагоприятными условиями окружающей среды

например стлаников, ясно указывает на связь этих процессов с жизнью в суровых условиях севера или высокогорий. Про растения в пустыне говорят, что они борются с засухой (рис. 41). Условия неорганического мира оказывают значительное влияние на эволюцию организмов не только сами по себе, их влияние может усиливать или ослаблять внутри- и межвидовые взаимоотношения. При недостатке территории, тепла или света внутривидовая борьба может обостряться или, наоборот, ослабевать при избытке необходимых для жизни ресурсов. В тёплые годы при обильном развитии планктонных организмов окунь активно поедает рачков, парящих в толще воды; в холодные, малопродуктивные годы нехватка пищи заставляет рыб переходить на питание собственной молодью.

Следствием борьбы за существование является естественный отбор.

Естественный отбор — это преимущественное выживание и размножение особей, наиболее приспособленных к данным условиям. Но приспособленность всегда относительна. Вид, хорошо приспособленный к данным условиям, может оказаться на грани вымирания, если условия изменились (например, если в среде появился новый хищник или конкурент, если изменились климатические условия и т. п.).

Естественный отбор действует тогда, когда представленные в популяции генотипы различаются эффективностью размножения, т. е. способностью выжить и оставить после себя потомство. Удаляя наименее приспособленных особей, отбор изменяет генофонд популяции и способствует, таким образом, возникновению новых

являются изощрённые средства нападения (клыки, когти, быстрые движения, подстерегающее поведение), у жертв — не менее изощрённые формы защиты (вещества, делающие их ядовитыми, маскировочная окраска, выставление охраны и др.).

Третья форма борьбы за существование — *борьба с неблагоприятными условиями среды* (холодом, жарой, засухой и т. д.). Изменение строения некоторых растений,



форм. Следовательно, естественный отбор — это движущая сила эволюции.

Важно понять, что естественный отбор не создаёт новые фенотипы или генотипы, он служит лишь механизмом для отсеивания наименее приспособленных и выживания наиболее приспособленных организмов в бесконечной борьбе за существование.

Моя лаборатория

Ч. Дарвин писал о борьбе за существование: «Я должен предупредить, что применяю этот термин в широком, метафорическом смысле... Про двух собак или волков в голодное время можно с полным правом сказать, что они борются друг с другом за пищу и тем самым за жизнь. Но про растение, растущее на краю пустыни, можно сказать, что оно борется за жизнь с засухой. Наградой в борьбе за существование является жизнь и возможность её продолжения в череде последующих поколений. Победителями же оказываются обладатели таких свойств, которые делают их более приспособленными к данным условиям».

1. Каковы основные причины борьбы за существование?
2. Какие формы борьбы за существование известны?
3. Какая форма борьбы за существование является в природе наиболее острой и почему?
4. Какое влияние оказывает естественный отбор на популяции?



1. Приведите примеры проявления различных форм борьбы за существование.
2. Приведите примеры различных форм естественного отбора.



**Борьба за существование.
Естественный отбор.**

ПОДУМАЙТЕ!

Можно ли представить себе ситуацию, когда появляющиеся в популяции новые (более приспособленные) особи не вытесняют старые, а мирно сосуществуют вместе с ними?



§ 33. АДАПТАЦИИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое адаптации?
2. Какое значение имеют адаптации для организмов?
3. Какие виды адаптаций вам известны?

Возникновение адаптаций. Ч. Дарвин обнаружил, что различия между популяциями одного вида проявляются в форме приспособлений к различным условиям жизни, которые он назвал **адаптациями** (от лат. *adaptatio* — приспособление).

Адаптации возникают в результате естественного отбора. При этом признаки и свойства, которые благоприятствуют выживанию особи в условиях конкуренции или давления неблагоприятных факторов среды, способствуют повышению успеха размножения и поэтому сохраняются в популяциях.

В свете современных знаний об эволюционных процессах это означает, что в популяциях формируются некоторые генетически закреплённые свойства, отличающие их друг от друга и обеспечивающие наилучшую приспособленность организмов к условиям среды. Например, популяции атлантической сельди в различных районах океана размножаются в разное время года. Необходимым условием выживания молоди этой рыбы является совпадение сроков вылупления из икры мальков и развития фитопланктона (парящих в толще воды фотосинтезирующих одноклеточных организмов) — их основной пищи. В зависимости от широты местности пик развития фитопланктона происходит весной, летом, осенью или зимой. Соответственно различают весенне-, летне-, осенне- и зимненерестующих сельдей, популяции которых живут обособленно, имеют небольшие внешние различия, но относятся к одному виду и могут скрещиваться, давая плодовитое потомство.

Таким образом, естественный отбор оказывает воздействие на генетический состав популяции, делая её более адаптированной (приспособленной) к условиям внешней среды.

Относительный характер адаптаций. Адаптации всегда относительны. При изменении среды часть признаков может утратить полезное значение. Известно, например, что рыбы, хорошо защищённые от хищников шипами и колючками, чаще попадают в сети, в которых они запутываются и удерживаются как раз из-за твёрдых выростов тела.

Таким образом, изменения условий среды вызывают сдвиг в приспособленности отдельных организмов и популяции в целом.



При этом одна часть организмов погибает, а другая часть вырабатывает новые адаптации. Часть признаков, ранее адаптивных, но потерявших полезное значение, может вновь пригодиться организмам при изменении среды обитания.

Взаимоприспособленность видов как результат действия естественного отбора. Адаптивные изменения в популяциях могут быть вызваны не только разнообразным воздействием на организмы со стороны неживой природы (температура, влажность, давление и т. п.), но и влиянием популяций других видов.

Например, у растения может образоваться на листьях жёсткий покров как защита от поедания насекомыми. В ответ на это у одного из насекомых, питающихся этим растением, могут развиваться части ротового аппарата, чтобы преодолеть это защитное приспособление. Растение, в свою очередь, может создать ещё более мощную защиту (например, колючки), а насекомое опять может вырабатывать средства противодействия этой новой оборонной стратегии и т. д. В данном примере растение и насекомое реагируют не на изменения среды обитания, а на мутации друг друга (агрессора и источника пищи). Таким образом, ещё одним результатом действия естественного отбора является *взаимоприспособленность видов*.

Большинству из вас знаком клевер. Характерной особенностью растений этого рода является то, что единственными насекомыми, способными их опылять, являются шмели (рис. 42). У шмелей хоботок длиннее, чем у большинства других пчелиных, что позволяет им добывать из длинных и узких цветков клевера нектар, которым они питаются. Эта особенность играет большую роль в приспособленности клевера к условиям окружающей среды.

Взаимоотношения разных видов очень разнообразны и отнюдь не сводятся к пищевым связям. Так, один вид может использовать норы, гнёзда или тела другого вида как среду обитания. Например, у птиц, рыб и насекомых встречается гнездовой паразитизм: использование гнезда животного-хозяина для выращивания потомства животного-паразита. Такое поведение позволяет паразиту тратить больше времени на поиски еды и размножение.

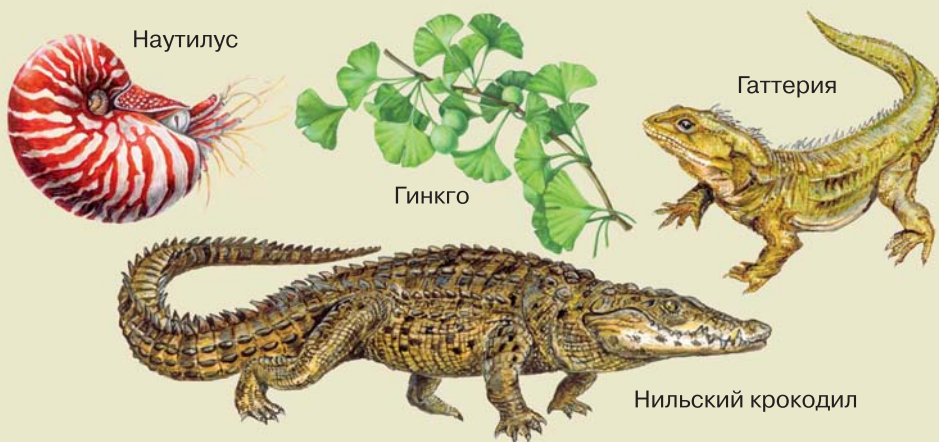


Рис. 42. Шмель на клевере



Моя лаборатория

Живые ископаемые. В среде, которая длительное время остаётся относительно постоянной, отбор направлен против изменчивости и сохраняет уже существующие адаптации. В результате фенотип некоторых видов может сохраняться практически неизменным многие миллионы лет. Например, облик *гаттерии*, древнейшего из ныне живущих пресмыкающихся, обитающей в Новой Зеландии, не менялся 200 млн лет, *нильского крокодила* — 70 млн лет, *наутилуса*, дальнего родственника осьминогов, — 400 млн лет. Из древнейших растений, доживших до наших дней в первозданном виде, можно назвать *араукарию* (200 млн лет), *гинкго* (200 млн лет), *секвойю* (150 млн лет).



Изучение приспособленности организмов к среде обитания

1. Сравните внешнее строение комнатных растений, которые в природе произрастают в условиях недостатка влаги (кактусы, молочаи, алоэ) и в нормальной (по данному параметру) среде (гипсискус, традесканция, папоротники). Обратите внимание на размер и форму листьев и стеблей, наличие опушения и воскового слоя на поверхности зелёных частей растений, оттенок их окраски.

**2. Ответьте на вопросы:**

- 1) В каких местах обитают изучаемые растения?
- 2) В каких органах они запасают влагу?
- 3) Какие особенности строения этих растений уменьшают потери влаги через испарение?
- 4) Какие черты изучаемых растений уменьшают риск перегрева?

3. Заполните таблицу.

Название растения	Органы, в которых запасается влага	Приспособления к уменьшению испарения	Приспособления, предотвращающие перегрев растения

4. Сделайте вывод о главных приспособлениях растений к обитанию в условиях засухи.

1. Как в процессе эволюции формируются адаптации? 
2. Почему адаптации имеют относительный характер?
3. Какие адаптации у растений и животных возникли для преодоления неблагоприятных условий окружающей среды? Приведите примеры.

1. Охарактеризуйте взаимоприспособленность видов как результат действия естественного отбора. 
2. Приведите примеры взаимоприспособленности видов в природе.

Адаптация. 
**Взаимо-
приспособлен-
ность видов.**

ПОДУМАЙТЕ!

В природных популяциях отбор никогда не идёт только по одному признаку, в результате чего к среде адаптируются только те особи, которые обладают комплексом приспособительных черт. Почему это происходит?



§ 34. УРОК-СЕМИНАР «СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ ЭВОЛЮЦИИ»

ВСПОМНИТЕ

1. Что понимают под эволюцией органического мира?
2. С именами каких учёных связывают становление и развитие эволюционной теории?

Для того чтобы успешно подготовиться к семинару, внимательно прочитайте разделы «Подготовка и проведение урока-семинара», «Как готовиться к семинару», «Как успешно выступать с докладом или сообщением», «Как искать научную информацию в Интернете», размещённые в Приложении к учебнику на с. 187.

Цель семинара: обсудить современные проблемы эволюционной теории.

План семинара:

1. Понятие эволюции органического мира.
2. Возникновение и история развития теории эволюции.
3. Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка.
4. Синтетическая теория эволюции.

Источники информации:

1. Галл Я. М. Становление эволюционной теории Чарлза Дарвина / Я. М. Галл. — СПб.: Наука, 1993. — 141 с.
2. Иорданский Н. Н. Макроэволюция: Системная теория / Н. Н. Иорданский. — М.: Наука, 1994.
3. Северцов А. С. Основы теории эволюции / А. С. Северцов. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — 320 с.
4. Хлебосолов Е. И. Лекции по теории эволюции / Е. И. Хлебосолов. — М.: УЦ «Перспектива», 2004. — 264 с.
5. Интернет-сайты:
<http://gotourl.ru/13373>; <http://gotourl.ru/13451>

Темы для обсуждения:

Тема 1

Понятие эволюции органического мира

В процессе изучения теории эволюции необходимо в первую очередь определить предмет исследования и сформулировать понятие эволюции органического мира. Обсудите, что понимают под эволюцией разные исследователи. Выберите для себя наиболее приемлемое определение.



Тема 2

Возникновение и история развития теории эволюции

Представления об изменяемости органической природы имеют давнюю историю. Эволюционные взгляды прослеживаются в системах древних философов Индии, Китая, Месопотамии, Египта, Греции. Обсудите, что способствовало зарождению эволюционных взглядов в истории биологической науки и каков был путь их развития до появления первой эволюционной теории. Какие научные открытия привели к возникновению идей об изменяемости видов?

Тема 3

Эволюционная теория Ж. Б. Ламарка

Ж. Б. Ламарк (1744—1829) является основателем одной из первых эволюционных теорий. Он усмотрел в нарастающей сложности организмов (в «лестнице существ») явление прогрессивной эволюции. Ламарк первым обратил внимание общественности, что этот ряд не нисходящий, а восходящий от низших форм жизни к высшим. Обсудите, в чём заключается сущность эволюционной теории Ламарка. Можно ли, используя современные знания о хранении, передаче и реализации генетической информации, доказать невозможность наследования результатов упражнения органов?

Тема 4

Синтетическая теория эволюции

Важнейшие успехи эволюционной биологии в последние годы были достигнуты благодаря активному применению в эволюционных исследованиях идей и методов молекулярной генетики и биологии развития. Постепенно основы экологии, биогеографии, систематики и этологии (науки о поведении животных), заложенные в трудах Ч. Дарвина, развились в самостоятельные науки. Обсудите основные положения современной синтетической теории эволюции. Можно ли утверждать, что эти положения полностью объясняют сущность эволюционных процессов в органическом мире?

Подведение итогов

Благодаря работам современных исследователей эволюционная теория далеко продвинулась в познании причин и механизмов эволюции органического мира. В ней, помимо проблемы видообразования, изучаются фундаментальные принципы, лежащие в основе эволюционного процесса — причины, движущие силы и конечная цель эволюции органического мира на Земле. Научный интерес к общей теории эволюции в последнее время неуклонно повышается и связан с развитием представлений об окружающем нас мире как о едином целом.



ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 6

Эволюция — непрерывный и необратимый процесс исторического развития природы, ведущий к образованию новых форм организмов. Создателем основ современного учения об эволюции органического мира считают Чарлза Дарвина, который впервые в истории науки объяснил изменение органического мира действием законов природы без вмешательства сверхъестественных сил. Главными факторами (движущими силами) эволюции Дарвин считал изменчивость организмов, борьбу за существование и естественный отбор.

В XX столетии эволюционное учение Ч. Дарвина было развито и конкретизировано. Согласно современным взглядам наименьшей эволюционной единицей является популяция, а не отдельная особь или вид. Основным направляющим фактором эволюции считают естественный отбор, который обеспечивает сохранение и накопление в генофонде популяции случайных мутаций, но действует лишь тогда, когда представленные в популяции фенотипы обладают способностью выжить и оставить после себя плодovitое потомство. Отбор оказывает воздействие на состав популяции, делая её более приспособленной к условиям внешней среды.

Эволюционные изменения, протекающие на уровне популяций, называют микроэволюцией. Важнейшей формой их проявления является видообразование. Макроэволюция — это образование более крупных систематических категорий (классов, типов, царств). Эволюция на уровне выше вида идёт только путём микроэволюции. Развитие живой природы шло от низших форм к высшим, от простого к сложному и имело прогрессивный характер. Главные направления эволюции составляют ароморфозы, идиоадаптации и дегенерации. К основным типам эволюционных изменений относят: параллелизм, конвергенцию и дивергенцию.

Возникновение и развитие жизни на Земле

По современным представлениям на ранних стадиях существования нашей планеты изменение облика Земли было связано с геологическими процессами, происходившими в земной коре, на поверхности и в глубинных слоях планеты. С возникновением жизни деятельность живого вещества, проникающего во все уголки планеты, привела к образованию биосферы.



А.И. Опарин

ВЫ УЗНАЕТЕ

- о взглядах, гипотезах и теориях о происхождении жизни;
- об органическом мире как результате эволюции;
- историю развития органического мира.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- характеризовать основные этапы развития жизни на Земле.



§ 35. ВЗГЛЯДЫ, ГИПОТЕЗЫ И ТЕОРИИ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЖИЗНИ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое жизнь?
2. Что такое мономер?
3. Что такое макромолекулы?

Креационизм (лат. *creatio* — сотворение). В разные времена у разных народов были свои представления о возникновении жизни. Своё отражение они нашли в священных книгах различных религий, которые объясняют возникновение жизни как акт Творца (воля Бога). Гипотезу божественного возникновения живого можно принять только на веру, так как её нельзя экспериментально подтвердить или опровергнуть. Следовательно, она не может рассматриваться с научной точки зрения.

Гипотеза самопроизвольного зарождения жизни. С античных времён и до середины XVII в. учёные не сомневались в возможности самопроизвольного зарождения жизни. Считалось, что живые существа могут появляться из неживой материи: например, рыбы — из ила, черви — из почвы, мыши — из тряпок, мухи — из гнилого мяса, а также что одни формы могут порождать другие: например, из плодов могут образовываться птицы и животные.

Так, великий Аристотель, изучая угрей, установил, что среди них не встречаются особи с икрой или молоками. На основании этого он предположил, что угри рождаются из «колбасок» ила, образующихся от трения взрослой рыбы о дно.

Первый удар по представлениям о самозарождении жизни нанесли эксперименты итальянского учёного **Франческо Реди** (1626—1698), который в 1668 г. доказал невозможность самозарождения мух в гниющем мясе.

Несмотря на это, идеи самозарождения жизни сохранялись до середины XIX в. Только в 1862 г. французский учёный Луи Пастер окончательно опроверг гипотезу самозарождения жизни. Работы Л. Пастера позволили утверждать, что принцип «всё живое — из живого» справедлив для всех известных организмов на нашей планете, но они не решали вопрос о происхождении жизни.

Гипотеза панспермии. Доказанная невозможность самозарождения жизни породила новую проблему. Если для возникновения од-

Гипотезы о происхождении жизни. Проблема возникновения жизни на нашей планете является одной из центральных в современном естествознании. С древнейших времён люди пытались найти ответ на вопрос, как зародилась жизнь на Земле.



ного живого организма необходим другой живой организм, то откуда взялся первый живой организм? Это дало толчок к возникновению гипотезы панспермии, которая имела и имеет много сторонников, в том числе и среди видных учёных. Они считают, что впервые жизнь возникла не на Земле, а была занесена каким-то образом на нашу планету. Однако гипотеза панспермии пытается лишь объяснить появление жизни на Земле. Она не отвечает на вопрос, как возникла жизнь, а переносит эту проблему в какое-то другое место Вселенной.

Отрицание факта самозарождения жизни в настоящее время не противоречит представлениям о принципиальной возможности развития жизни в прошлом из неорганической материи.

Гипотеза биохимической эволюции. В 20-е гг. XX в. русский учёный **Александр Иванович Опарин** (1894—1980) и англичанин **Джон Холдейн** (1892—1964) независимо друг от друга высказали гипотезу о возникновении жизни в процессе биохимической эволюции углеродных соединений, которая и легла в основу современных представлений.

В 1924 г. А. И. Опарин опубликовал основные положения своей гипотезы происхождения жизни на Земле. Он исходил из того, что в современных условиях возникновение живых существ из неживой природы невозможно. Абиогенное (т. е. без участия живых организмов) возникновение живой материи возможно было только в условиях древней атмосферы и отсутствия живых организмов.

По мнению А. И. Опарина, в первичной атмосфере планеты, насыщенной различными газами, при мощных электрических разрядах, а также под действием ультрафиолетового излучения (кислород в атмосфере отсутствовал и, следовательно, не было защитного озонового экрана, атмосфера была восстановительной) и высокой радиации могли образовываться органические соединения, которые накапливались в океане, образуя «первичный бульон».

Известно, что в концентрированных растворах органических веществ (белков, нуклеиновых кислот, липидов) при определённых условиях могут образовываться сгустки, называемые *коацерватными каплями* или **коацерватами**. Коацерваты в условиях восстановительной атмосферы не разрушались. Из таких растворов в них могли поступать химические вещества и идти синтез новых соединений, в результате чего коацерваты могли расти и усложняться.

Коацерваты уже напоминали живые организмы, однако таковыми ещё не были, так как не имели упорядоченной внутренней структуры, присущей живым организмам, и не были способны



размножаться. Белковые коацерваты рассматривались А. И. Опариным как пробионты — предшественники живого организма. Он предполагал, что на определённом этапе белковые пробионты включили в себя нуклеиновые кислоты, создав единые комплексы.

Взаимодействие белков и нуклеиновых кислот привело к возникновению таких свойств живого, как самовоспроизведение, сохранение наследственной информации и её передача последующим поколениям.

Пробионты, в которых обмен веществ сочетался со способностью к самовоспроизведению, можно уже рассматривать как примитивные проклетки.

В 1929 г. английский учёный Джон Холдейн также выдвинул гипотезу абиогенного происхождения жизни, но согласно его взглядам первичной была не коацерватная система, способная к обмену веществ с окружающей средой, а макромолекулярная система, способная к самовоспроизводству. Другими словами А. И. Опарин отдавал первенство белкам, а Дж. Холдейн — нуклеиновым кислотам.

Гипотеза А. И. Опарина — Дж. Холдейна завоевала много сторонников, так как получила экспериментальное подтверждение возможности абиогенного синтеза органических биополимеров.

В 1953 г. американский учёный Стэнли Миллер (1930—2007) в созданной им установке смоделировал условия, предположительно существовавшие в первичной атмосфере Земли. В результате опытов были получены аминокислоты (соединения, из которых построены молекулы белков). Сходные опыты многократно повторялись в различных лабораториях и позволили доказать принципиальную возможность синтеза в таких условиях практически всех мономеров основных биополимеров. В дальнейшем было установлено, что при определённых условиях из мономеров возможен синтез более сложных органических биополимеров: полипептидов, полинуклеотидов, полисахаридов и липидов.

Но гипотеза А. И. Опарина — Дж. Холдейна имеет и слабую сторону, на которую указывают её оппоненты. В рамках данной гипотезы не удаётся ответить на главный вопрос: как произошёл качественный скачок от неживого к живому? Ведь для саморепродукции нуклеиновых кислот необходимы ферментные белки, а для синтеза белков — нуклеиновые кислоты.

Таким образом, в настоящее время мы не можем считать, что проблема происхождения жизни решена, а можем лишь говорить, что учёные продолжают искать наиболее перспективные пути её решения.



Моя лаборатория

На основании сравнения последовательности нуклеотидов в рибосомных РНК учёные пришли к выводу, что все живые организмы можно отнести к трём группам: эукариотам, эубактериям и архебактериям (две последние группы прокариоты).

Поскольку генетический код во всех трёх группах один и тот же, была выдвинута гипотеза, что они имеют общего предка, которого называли «прогенот» (т. е. прародитель). Предполагается, что эубактерии и архебактерии могли произойти от прогенота, а современный тип эукариотической клетки, по-видимому, мог возникнуть в результате симбиоза древнего эукариота с эубактериями.

Именно это, как считают учёные, обеспечило большое сходство строения всех прокариот, а затем и эукариот.

1. Почему представление о божественном происхождении жизни нельзя ни подтвердить, ни опровергнуть?
2. Каковы основные положения гипотезы А. И. Опарина — Дж. Холдейна?
3. Какие экспериментальные доказательства можно привести в подтверждение данной гипотезы?
4. Какие доводы приводят оппоненты, критикуя гипотезу А. И. Опарина?

Приведите возможные доводы за и против гипотезы панспермии.



**Креационизм.
Коацерваты.**



ПОДУМАЙТЕ!

Ч. Дарвин в 1871 г. писал: «Но если бы сейчас... в каком-либо тёплом водоёме, содержащем все необходимые соли аммония и фосфора и доступном воздействию света, тепла, электричества и т. п., химически образовался белок, способный к дальнейшим, всё более сложным превращениям, то это вещество немедленно было бы разрушено или поглощено, что было невозможно в период до возникновения живых существ». Подтвердите или опровергните данное высказывание.



§ 36. ОРГАНИЧЕСКИЙ МИР КАК РЕЗУЛЬТАТ ЭВОЛЮЦИИ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое эволюция?
2. Что такое концентрация раствора?

ми. В 1947 г. английский учёный **Джон Бернал** (1901—1971) сформулировал гипотезу биопоэза. Он выделил три основных этапа формирования жизни: абиогенное возникновение органических мономеров (химический), формирование биологических полимеров (предбиологический) и возникновение первых организмов (биологический) (рис. 43).

Этап химической эволюции. На этом этапе происходил абиогенный синтез органических мономеров. Древняя атмосфера Земли была насыщена вулканическими газами, в состав которых входили оксиды серы и азота, аммиак, оксиды углерода (II и IV), пары воды и ряд других компонентов. Активная вулканическая деятельность, сопровождавшаяся выбросами больших масс радиоактивных компонентов, сильные и частые электрические разряды во время постоянных гроз, а также ультрафиолетовое излучение способство-

Гипотеза биопоэза. Вы уже знаете, что жизнь, прежде чем она достигла современного многообразия, прошла длительный путь эволюции. Гипотеза А. И. Опарина — Дж. Холдейна была принята и развивалась многими учёными.

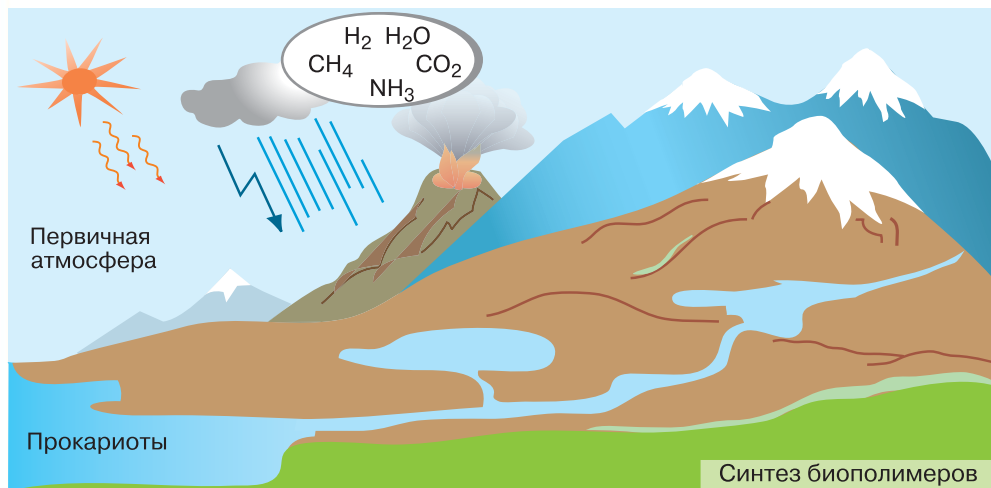


Рис. 43. Схема, иллюстрирующая гипотезу А. И. Опарина — Дж. Холдейна



вали образованию органических соединений. Древняя атмосфера не содержала свободного кислорода, поэтому органические соединения не окислялись и могли накапливаться в тёплых водоёмах, постепенно усложняться, формируя «первичный бульон». Продолжительность этих процессов составляла десятки миллионов лет.

Этап предбиологической эволюции. На этом этапе сложные органические соединения формировали белково-нуклеиново-липидные комплексы (учёные называли их по-разному: коацерваты, пробионты и т. д.). В результате появились первые примитивные живые организмы, которые под действием естественного отбора и дали начало всему органическому миру на Земле. Жизнь, очевидно, развивалась в водной среде на некоторой глубине, так как единственной защитой от ультрафиолетового излучения была вода.

Этап биологической эволюции. Большинство учёных считают, что первые примитивные живые организмы были близки по строению к прокариотам. Они питались органическими веществами «первичного бульона», т. е. были гетеротрофами.

При увеличении численности гетеротрофных прокариотических клеток запас органических соединений в первичном океане истощался. В этих условиях обострилась конкуренция между древними прокариотами, которая, с одной стороны, способствовала усложнению их строения, с другой — привела к появлению новых способов получения энергии для жизненных процессов. Так возникло, например, автотрофное питание (фотосинтез). Организмы, способные к синтезу органических веществ, получали значительные преимущества в конкурентной борьбе.

В результате фотосинтеза в земной атмосфере начал накапливаться кислород, что сделало принципиально возможной жизнь на суше, защитив её от губительных ультрафиолетовых лучей.

1. Какие основные этапы можно выделить в процессе возникновения и развития жизни на Земле?
2. Какое значение для эволюции организмов имело появление в атмосфере планеты свободного кислорода?



Гипотеза биопозза.



ПОДУМАЙТЕ!

Почему учёные считают, что развитие жизни на первых этапах скорее всего происходило в водной среде?



§ 37. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое микро- и макроэволюция?
2. Что такое эволюция органического мира?

Изучение истории Земли. Учёные считают, что Земля как планета существует более 5 млрд лет. История Земли разделяется на длительные промежутки времени — **эры**. Эры подразделяются на **периоды**, периоды — на эпохи (рис. 44). Названия эр имеют гре-

ческое происхождение: **катархей** (ниже древнейшего), архей (древнейший), протерозой (первичная жизнь), палеозой (древняя жизнь), мезозой (средняя жизнь), кайнозой (новая жизнь).

Данные о развитии жизни на Земле помогает получить палеонтология. Учёные-палеонтологи, применяя современные научные методы, устанавливают возраст слоёв земной коры, в которых обнаружены ископаемые остатки организмов. Самые ранние достоверные следы жизни обнаружены в древних отложениях земной коры возрастом около 4 млрд лет.

Ранние этапы развития жизни. Жизнь зародилась в начале **архея**. Сведения о ранних этапах развития жизни очень скудны. Это объясняется тем, что в большинстве случаев организмы того периода не имели твёрдого скелета и практически не оставили следов. В ранних архейских породах обнаружены остатки прокариотических организмов бактерий и цианобактерий (синезелёных водорослей). Предполагается, что в конце архейской эры возникли эукариотические одноклеточные, а затем и колониальные организмы.

В **протерозое** — эре ранней жизни — продолжалось усложнение организмов, совершенствовались способы питания и размножения. Широкого распространения и многообразия достигали водоросли. Среди животных возникло большое разнообразие кишечнополостных и губок. К концу протерозойской эры появились все типы беспозвоночных, а также первые хордовые. Практически вся жизнь была сосредоточена в водной среде. Суша была безжизненна, лишь по берегам водоёмов в результате деятельности бактерий и других микроорганизмов происходили процессы почвообразования. Продолжалось накопление кислорода в атмосфере и обогащение кислородом вод, что способствовало появлению более высокоразвитых гетеротрофных организмов.

Развитие жизни в палеозое. В палеозое — эре древней жизни — выделяют следующие периоды: кембрийский (кембрий), ордовикс-



кий (ордовик), силурийский (силур), девонский (девон), каменноугольный (карбон) и пермский (пермь) (см. рис. 44).

В начале палеозоя жизнь господствовала в основном в водной среде. На суше по-прежнему жили бактерии и цианобактерии.

В морях кембрия были распространены многочисленные водоросли. Животный мир был представлен коралловыми полипами, губками, червями, различными иглокожими и членистоногими.

В морях ордовика были распространены различные членистоногие и головоногие моллюски. Появились первые бесчелюстные позвоночные.

В силуре произошло два знаменательных события: выход растений и беспозвоночных на сушу. Первые наземные растения — риниофиты занимали промежуточное положение между водорослями и наземными сосудистыми растениями (рис. 45). Очевидно, в силуре появились грибы и первые лишайники.

В девоне широко распространились хвощи, плауны, папоротники. Первыми наземными беспозвоночными были многоножки и паукообразные, появились примитивные челюстноротые рыбы. От них произошли настоящие акулы и кистепёрые рыбы (рис. 46). От кистепёрых, способных дышать атмосферным воздухом и переползать из водоёма в водоём, используя плавники, произошли первые земноводные, или амфибии.

В обширных болотистых лесах карбона земноводные достигли свое-

Эра	Период	Млн лет
Кайнозойская	Четвертичный	1,8
	Неогеновый	23,8
	Палеогеновый	65,0
Мезозойская	Меловой	142
	Юрский	205
	Триасовый	248
	Пермский	290
Палеозойская	Каменноугольный	354
	Девонский	443
	Силурийский	495
	Ордовикский	534
	Кембрийский	534
Протерозойская	Вендский	650
	Рифейский	1650
	Карельский	2500
Архейская		3500
Катархейская		4500

Рис. 44. Геохронологическая шкала

гие земноводные. В то же время представители класса рептилий стали многочисленными и многообразными.

В **триасе** климат стал более сухим, сократилось количество водоёмов. Это способствовало значительному расцвету голосеменных и пресмыкающихся, в том числе и динозавров. Появилось множество различных насекомых.

В юрский период динозавры достигли пика своего разнообразия и поистине стали властелинами планеты (рис. 48), также появились первые птицы.

В меловой период возникли и быстро распространились покрытосеменные растения, вытесняя голосеменные. В середине мелового периода появились сумчатые и плацентарные млекопитающие. В конце мелового периода произошло массовое вымирание многих видов животных. В морях и на суше исчезли многие виды, в том числе и динозавры.

Быстрое вымирание многих видов в конце мелового периода трудно объяснить. Большинство учёных связывают это с изменением климата. В условиях общего похолодания преимущества получили теплокровные — птицы и млекопитающие, расцвет которых пришёлся на следующую, кайнозойскую эру.

Развитие жизни в кайнозое. Кайнозой — эра новой жизни. Она началась 67 млн лет назад и продолжается до настоящего време-

го наибольшего разнообразия. В этот период появляются первые примитивные насекомые — тараканы, жесткокрылые, стрекозы. В карбоне возникли примитивные формы рептилий, которые заселяли более сухие места. Хвощи, плауны и папоротники в каменноугольный период достигли наибольшего расцвета (рис. 47). Этому способствовал тёплый и влажный климат карбона.

В пермский период климат стал суше и прохладнее. Это привело к вымиранию крупных папоротниковидных. Среди растений господствующее положение на суше заняли голосеменные растения. В этот период вымерли многие крупные морские моллюски, трилобиты, насекомые и паукообразные, крупные рыбы. Погибли и мно-



Рис. 46. Кистепёрая рыба



Рис. 47. Растения каменно-угольного периода

ни. В кайнозойской эре выделяют следующие периоды: палеоген, неоген и антропоген. Мы живём в антропогене, который длится около 2,5 млн лет. Антропоген ещё называют четвертичным периодом.

В **палеогене** климат был ровным, тропическим. В это время уже сформировались практически все основные группы цветковых растений. Млекопитающие заняли господствующее положение, приспособившись к различным условиям жизни на суше, в воздухе и в воде, они как бы заменили мезозойских пресмыкающихся. Сумчатые и плацентарные млекопитающие развивались параллельно. От каких-то групп плацентарных насекомоядных произошли хищники и примитивные копытные.

В **неогене** появились хоботные, парно- и непарнокопытные, все группы современных хищников и китообразные. От разных групп насекомоядных независимо произошли рукокрылые, приматы, грызуны и другие отряды млекопитающих. Чрезвычайно разнообразным и многочисленным стал мир птиц и костных рыб. В середине неогена широко распростра-



Рис. 48. Юрский период



Рис. 49. Шерстистый носорог

нились общие предковые формы человекообразных обезьян и людей.

В **антропогене** произошло мощное похолодание. Территории Евразии и Северной Америки четырежды подвергались мощным оледенениям. Последний ледниковый период закончился около 10 тыс. лет назад. Распространялись растения и животные, приспособленные к холодному климату. Среди животных этого периода наиболее

известны мамонты, шерстистые носороги (рис. 49), пещерные медведи, саблезубые тигры, бизоны, овцебыки и др. Вымирание крупных млекопитающих антропогена учёные связывают с охотой древнего человека. Они истребили мамонтов, шерстистых носорогов, большерогих торфяных оленей и др. Исчезновение многих хищников объясняют тем, что человек уничтожил крупных копытных, которыми они питались.

Около 10 тыс. лет назад человек от собирательства и охоты перешёл к земледелию и скотоводству. С этого времени основные изменения, происходящие в биосфере, так или иначе связаны с хозяйственной деятельностью человека.

Моя лаборатория

Около 200 тыс. лет назад появились первые люди современного анатомического типа. Вначале они были охотниками и собирателями. Однако в связи с усовершенствованием орудий охоты человек весьма быстро, вероятно всего за 2—3 тысячелетия, истребил крупных копытных и мамонтов — основу своего пищевого рациона того времени. Охота не могла уже обеспечить пропитание людей. Человек оказался на грани голодной смерти и был обречён на вымирание. Он мог бы и совсем исчезнуть с лица земли, как исчезли многие биологические виды, например саблезубые тигры.

Однако судьба человека оказалась иной. Примерно 10 тыс. лет назад человек перешёл к земледелию, а несколько позднее и к



скотоводству, т. е. люди преодолели первый в истории человечества экологический кризис, возникший в результате их деятельности.

Посредством орудий труда человечество стало создавать фактически искусственную среду своего обитания (поселения, жилища, одежду, продукты питания, машины и т. д.). С этих пор эволюция биосферы вступила в новую фазу, где человеческая деятельность стала мощной природной движущей силой.

С момента развития промышленности до настоящего времени в связи с активным использованием природных ресурсов и нарушением сложившегося в природе равновесия процессы разрушения в биосфере стали преобладать над процессами созидания, причём эти тенденции становятся всё более выраженными. Биосфера вновь находится на грани экологического кризиса, последствия которого могут стать катастрофическими для человечества.

1. Какие эры выделяют в истории Земли?
2. Чем объяснить процветание папоротниковидных в карбоне и их постепенное вымирание к концу палеозойской эры?
3. Что способствовало быстрому распространению покрытосеменных?
4. Какие наиболее важные события в эволюции организмов произошли в антропогене?

Проанализируйте материал параграфа и определите, какие факторы оказывают наибольшее влияние на эволюцию современных организмов.

Эра.
Период.
Катархей. Архей.
Протерозой.
Палеозой.
Кембрий.
Ордовик. Силур.
Девон. Карбон.
Пермь. Мезозой.
Триас. Юра. Мел.
Кайнозой.
Палеоген.
Неоген.
Антропоген.

ПОДУМАЙТЕ!

Почему млекопитающие заняли господствующее положение в животном мире кайнозоя?



§ 38. УРОК-СЕМИНАР «ПРОИСХОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ»

ВСПОМНИТЕ

1. Как можно определить понятие «жизнь»?
2. Что представляет собой Земля как космическое тело?
3. Кого называют «живые ископаемые»?

Цель семинара: обсудить современные проблемы происхождения и развития жизни на Земле.

План семинара:

1. Гипотезы о происхождении Земли.
2. Каменная летопись Земли.
3. Лестница жизни.
4. Живые ископаемые.

Источники информации:

1. Хлебосолов Е. И. Лекции по теории эволюции / Е. И. Хлебосолов. — М.: УЦ «Перспектива», 2004. — 264 с.
2. Олейников А. Н. Геологические часы / А. Н. Олейников. — Л.: Недра, 1987.
3. Воронцов Н. Н. Эволюция органического мира / Н. Н. Воронцов, Л. Н. Сухорукова. — М.: Просвещение, 1991.
4. Яблоков А. В. Эволюционное учение / А. В. Яблоков, А. Г. Юсуфов. — М.: Высшая школа, 2004.
5. Интернет-сайты:
<http://evolution.powernet.ru>
<http://www.darwin.museum.ru>
<http://www.paleo.ru>

Темы для обсуждения:

Тема 1

Гипотезы о происхождении Земли

Большинство учёных, занимающихся проблемами происхождения и развития Вселенной, полагают, что Солнечная система сформировалась из прародительского космического облака, в котором возникли некие центры сгущения вещества. Но у астрономов, геологов и физиков ещё не сложилось единого мнения о причинах образования нашей планеты, и ни одна из предложенных гипотез не может в полной мере объяснить строения Солнечной системы. Обсудите вопрос о том, как произошла наша планета. Можно ли оценить во времени процесс становления Земли как планеты? Какими часами измерить продолжительность жизни Солнечной системы? Сколько лет Земле?



Тема 2

Каменная летопись Земли

С давних пор люди находили странные образования — окаменелости, напоминавшие то листья растений, то кости животных, то раковины моллюсков. По мере того как росло количество собранных образцов, становилось всё более очевидным, что многие ископаемые животные и растения совершенно не похожи на существующие ныне виды. Сравнивая окаменелости с современными животными и растениями, учёные-палеонтологи делали первые попытки установить условия, в которых жили погибшие организмы. Обсудите вопрос: что могут «рассказать» нам о развитии жизни на Земле горные породы и содержащиеся в них окаменелости?

Тема 3

Лестница жизни

Исследуя ископаемые остатки животных и растений (окаменелости), а также образцы горных пород, учёные установили, что историю нашей планеты можно разделить на ряд больших этапов. Изучите геохронологическую шкалу (см. рис. 44) и обсудите, какие изменения происходили в органическом мире на разных этапах развития. Какие ещё объекты, помимо названных выше, используют исследователи для установления событий, происходивших в истории развития Земли?

Тема 4

Живые ископаемые

Среди ныне живущих видов организмов можно встретить тех, которые принадлежат к группам животных и растений, обитающих на Земле уже многие миллионы лет. Их принято называть «живыми ископаемыми». Все они претерпели очень мало изменений за долгие геологические эпохи, и у всех у них есть своеобразные черты, кажущиеся примитивными в сравнении с большинством современных групп растений и животных. Обсудите возможные причины такого относительного постоянства.

Подведение итогов

Материалов, по которым в той или иной мере можно проследить историю развития жизни на Земле, собрано много. Однако до сих пор ещё никто не создал универсальной теории о причинах всех изменений, происходивших в животном и растительном мире нашей планеты. Эти проблемы по сей день ждут своего исследователя. Необходимы совместные усилия учёных различных отраслей, чтобы создать достоверную теорию о происхождении и развитии жизни на Земле.



ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 7

Вопрос о возникновении и развитии жизни на нашей планете интересовал человека с самых древних времён. Существует несколько гипотез о происхождении жизни:

- креационизм — божественное сотворение живого;
- самопроизвольное зарождение — живые организмы возникают самопроизвольно из неживого вещества;
- гипотеза панспермии — жизнь занесена на нашу планету извне;
- гипотеза биохимической эволюции — жизнь возникла в результате процессов, подчиняющихся химическим и физическим законам.

Сейчас большинство учёных поддерживают гипотезу абиогенного зарождения жизни в процессе биохимической эволюции.

В настоящее время нельзя считать, что проблема происхождения жизни решена, а можно лишь говорить, что продолжается поиск наиболее перспективных путей её решения.

Жизнь, прежде чем она достигла современного многообразия, прошла длительный путь, в котором различают три этапа: химическая, предбиологическая и биологическая эволюция.

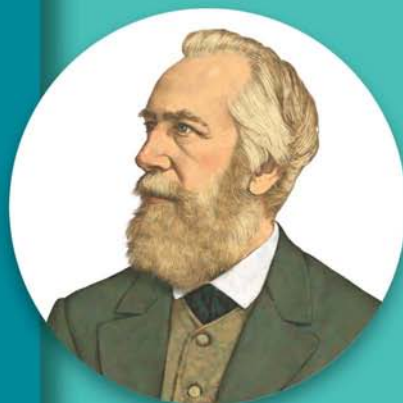
Земля как планета существует более 5 млрд лет. Её история разделяется на длительные промежутки времени — эры. Эры — на периоды, периоды — на эпохи.

Биологическая эволюция продолжается на Земле уже около 4 млрд лет. За это время появилось бесчисленное множество форм живых организмов — от прокариот до человека.

В настоящее время основные изменения, происходящие в биосфере, так или иначе связаны с хозяйственной деятельностью человека.

Взаимосвязи организмов и окружающей среды

Ещё в середине XX в. слово «экология» было известно только специалистам, но в настоящее время оно стало очень популярным. Наиболее часто его употребляют, говоря о неблагоприятном состоянии окружающей нас природы. Иногда этот термин используют в сочетании со словами: общество, семья, культура, здоровье. Это связано с состоянием окружающей нас среды.



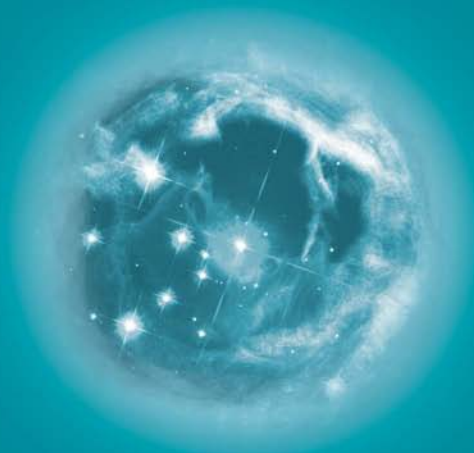
Э. Геккель

ВЫ УЗНАЕТЕ

- об экологии как науке;
- об экосистемной организации живой природы;
- о биосфере как глобальной экосистеме и роли человека в ней;
- об экологических проблемах различного уровня.

ВЫ НАУЧИТЕСЬ

- составлять цепи питания в экосистемах;
- проводить анализ и давать оценку влияния факторов окружающей среды в экосистемах.





§ 39. ЭКОЛОГИЯ КАК НАУКА

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое экология?
2. Какие среды жизни вам известны?
3. Какие экологические факторы вы знаете?

Экология как наука. Экология — наука о взаимоотношениях организмов между собой и с окружающей средой. Современная экология — универсальная, бурно развивающаяся комплексная наука, имеющая большое практическое значение для всех жителей нашей планеты. Экология — наука бу-

дущего, и, возможно, само существование человека будет зависеть от прогресса этой науки.

Среды обитания организмов. Средой называют всё то, что окружает живое существо в природе. На Земле существуют четыре основные среды обитания, освоенные и заселённые организмами. Это водная среда, наземно-воздушная, почвенная и, наконец, среда, образуемая самими живыми организмами. Понятно, что каждая из этих сред имеет свои специфические условия жизни.

Условия среды оказывают определённое влияние (положительное или отрицательное) на существование и географическое распространение живых существ. В связи с этим условия среды рассматривают как экологические факторы.

Экологические факторы. Экологические факторы очень многообразны как по своей природе, так и по воздействию на живые организмы. Условно все факторы среды подразделяют на три основные группы: абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы — это компоненты и явления неживой природы. Особенно среди них выделяют две группы: климатические факторы (солнечный свет, температура, влажность) и местные факторы (рельеф, свойства почвы, солёность, течения, ветер, радиация и т. д.). Все они могут влиять на организмы прямо, т. е. непосредственно, например свет или тепло, либо косвенно, например рельеф, который обуславливает действие прямых факторов — освещённости, увлажнения, ветра и др.

Биотические факторы — это всевозможные формы влияния живых организмов друг на друга (например, опыление насекомыми растений, конкуренция, поедание одних организмов другими, паразитизм) и на среду. Биотические взаимоотношения имеют чрезвычайно сложный и своеобразный характер и также могут быть прямыми и косвенными.



Антропогенные факторы — это все те формы деятельности человека, которые воздействуют на естественную природную среду, изменяя условия обитания живых организмов, или непосредственно влияют на отдельные виды растений и животных.

В свою очередь организмы сами могут оказывать влияние на условия своего существования. Например, наличие растительного покрова смягчает суточные колебания температуры вблизи поверхности земли (под пологом леса или травы), влияет на структуру и химический состав почв.

Все имеющиеся в природе экологические факторы воздействуют на жизнь организмов по-разному и имеют различную степень важности для разных видов.

К числу наиболее интенсивно действующих антропогенных факторов можно отнести загрязнение атмосферы, водоёмов и поверхности суши отходами промышленного производства, вырубку лесов, оказывающую влияние на состояние почвы и режим водоёмов, интенсивный выпас скота, приводящий к нарушению биотических связей в луговых экосистемах, распашку земель, строительство гидротехнических сооружений и др.

Моя лаборатория



Изучение приспособлений организмов к определённой среде обитания (на конкретных примерах)

1. Рассмотрите трёх представителей животного мира: наземное млекопитающее, птицу и рыбу. При этом:
 - а) отметьте особенности внешнего строения предлагаемых животных, связанные со средой обитания;
 - б) вспомните, какие особенности внутреннего строения этих организмов можно рассматривать как приспособление к определённой среде обитания.
2. Рассмотрите трёх представителей растительного мира: ксерофит суккулент (кактус, алоэ), гидрофит (элодея), гигрофит — живущий при повышенной влажности почвы и воздуха (папоротник, монстера). При этом:
 - а) отметьте особенности внешнего строения, характерные для этих растений;
 - б) вспомните, какие особенности внутреннего строения предлагаемых растений связаны с условиями обитания.
3. Сделайте вывод.



Подготовка к проекту

В конце учебного года вам предстоит защита проекта на тему «Взаимосвязи организмов и окружающей среды». Для того чтобы эта работа была проделана эффективно и вы достигли максимального результата, начните подготовку заранее. Внимательно прочитайте раздел «Организация работы над учебными проектами» в Приложении (с. 192).

1. Вместе с учителем распределите темы для подготовки к проекту, определите форму, время и место проведения защиты проекта. Удобной формой защиты проекта является конференция.
2. Договоритесь о формате защиты проекта — в какой форме (например, электронные презентации) и в какой последовательности будут идти доклады и обсуждение. Обязательно установите регламент — время, отведённое на доклад (например, 5 минут каждому выступающему) и обсуждение (например, 10 минут).
3. Решите, какую информацию о конференции вы распространите (например, через школьную газету или интернет сайт) и каких гостей пригласите (учеников других классов, учителей, родителей и т. д.).
4. Решите, какие рекламные материалы должны получить участники и гости конференции и как лучше завершить мероприятие. Можно сделать общие фото, рекламные листовки или буклеты.
5. Вместе с учителем распределите роли — ответственный за соблюдение сроков выполнения мероприятий на каждом этапе проекта (менеджер проекта), ведущий конференции, докладчики по темам (в подготовке одного доклада могут участвовать несколько человек), содокладчики, готовящие короткие выступления к обсуждению, ответственные за информацию о проекте и приглашения (медиаменеджер), за обеспечение необходимой техникой (например, проектор для презентации) и фотосъёмки, за изготовление рекламных материалов. Работайте в парах или группах.
6. При открытии ведущий обязательно приветствует участников и гостей конференции, а в заключение благодарит всех внесших свой вклад в её успешное проведение. Обязательно поблагодарите своего учителя!

Темы для подготовки к проекту

1. Вклад выдающихся учёных (М. В. Ломоносова, Ю. Либиха, А. Л. Лавуазье, В. И. Вернадского) в развитие представлений о биосфере.



2. Экологические факторы и их влияние на организмы.
3. Адаптации насекомых (или другой группы организмов) к сезонным изменениям в природе.
4. Комнатный аквариум как модель экосистемы.

Термин *экология* был предложен в 1866 г. немецким биологом Эрнстом Геккелем (1834—1919). Он образован от двух греческих слов: *oikos* — дом, жилище, родина и *logos* — наука, означающих дословно «наука о местообитании». Э. Геккель относил экологию к биологическим наукам и наукам о природе. Именно эти науки занимаются изучением всех сторон жизни организмов.

В качестве самостоятельной науки экология сформировалась лишь в XX в., хотя факты, составляющие её содержание, с давних времён привлекали внимание человека. Для удовлетворения своих потребностей в воде, пище, чистом воздухе человеку надо знать, как устроена и как функционирует окружающая его природа. Экология как раз и изучает эти проблемы.

Во второй половине XX столетия происходит своего рода «экологизация» всей современной науки. Это связано с осознанием огромной роли экологических знаний, с пониманием того, что деятельность человека зачастую не просто наносит вред окружающей среде, но и, воздействуя на неё негативно, изменяя условия жизни людей, угрожает самому существованию человечества.

1. Что такое экологические факторы? Какие группы экологических факторов вам известны?
2. Какие среды обитания организмов вам известны?

Докажите, что среда обитания оказывает влияние на строение и жизнедеятельность организма.



**Экология.
Среда
обитания.
Экологические
факторы.**



ПОДУМАЙТЕ!

Почему экологические знания необходимы каждому члену общества?



§ 40. ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНИЗМЫ

ВСПОМНИТЕ

1. Что изучает экология?
2. Какова роль экологии в настоящее время и почему её необходимо изучать?

Влияние экологических факторов на организмы. Толерантность. Естественно, что у организмов, живущих в определённой среде, вырабатываются специфические приспособления к экологическим условиям именно этой среды.

Однако разные организмы обладают разной **толерантностью** (лат. *tolerantia* — терпение) — способностью организмов выдерживать изменения условий жизни (например, колебания температуры). Это очень важное свойство живого, позволяющее приспосабливаться к изменяющимся условиям.

Любой экологический фактор имеет определённые пределы положительного влияния на организмы. Например, организм может погибнуть как от слишком низкой, так и от слишком высокой температуры. На графике толерантность обычно представлена в виде симметричной кривой (рис. 50), которую называют *кривой толерантности*. Положение вершины кривой указывает оптимальные (наилучшие) условия по этому фактору для особей данного вида.

Для особей некоторых видов характерны кривые с очень острыми пиками (рис. 50, а). Это означает, что диапазон условий нормального существования данного вида очень узок. Пологие кривые соответствуют широкому диапазону толерантности (рис. 50, б). Организмы с широкими границами устойчивости, конечно, имеют шансы на более широкое распространение. Однако широкие границы по одному фактору вовсе не означают широких границ по остальным факторам. Например, многие земноводные могут выдерживать значительные колебания температуры, но не переносят даже кратковременного высыхания кожи.

Лимитирующие факторы. Установлено, что успешную жизнедеятельность организма ограничивает экологический фактор, количество и качество которого близки к минимуму, необходимому организму. Если в почве достаточно азота, фосфора и других минеральных веществ, но не хватает калия, растение будет развиваться только до тех пор, пока не усвоит весь калий. Известно, что избыток какого-либо экологического фактора может быть так же вреден, как и его недостаток, т. е. всё хорошо в меру. Факторы, сдерживающие развитие организмов из-за их недостатка или из-



бытка по сравнению с потребностями, называют **лимитирующими**.

Адаптация организмов. Процесс и результат приспособления организмов к условиям окружающей среды называют адаптацией. Наиболее наглядными можно считать *морфологические адаптации*, т. е. особенности внешнего строения растений и животных.

Соответствие организма и среды особенно отчётливо прослеживается при ознакомлении с реакциями её обитателей на циклические изменения внешних условий. Смена времён года является периодически повторяющимся (циклическим) изменением, так же как и поочерёдное наступление то тёмного, то светлого времени суток или прилива и отлива.

Многократное воздействие циклических изменений приводит к возникновению циклических особенностей образа жизни. Таковы, например, ежегодное сбрасывание листьев листопадными деревьями, сезонный цикл изменения густоты меха у млекопитающих и др.

Различные организмы по-разному реагируют на сезонные изменения климата. Мелкие млекопитающие, например полёвки и лесные мыши, зимуют, впадая в спячку и прячась в укромных местах. Крупные млекопитающие поступают иначе: на изменение условий существования они отвечают изменением степени теплоизоляции тела. У животных, обитающих в условиях суровой зимы, к наступлению холодов мех густеет, увеличивается его длина. В ряде случаев меняется и окраска, как это происходит, например, у зайца-беляка. Такие приспособления помогают животным не только беречься от холода, но и маскироваться от врагов.

Из сезонных изменений образа жизни широко распространённым приспособлением к неблагоприятным условиям у многих животных являются миграции, или перемещения. Это могут быть перемещения в новые убежища или массовые переселения в иные климатические области (например, ежегодные перелёты птиц и т. п.).

Растения и прикреплённые животные (например, коралловые полипы) перемещаться, конечно, не могут, зато именно у этих организмов сезонные изменения проявляются наиболее ярко. Неко-

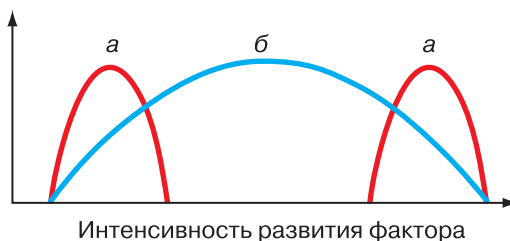


Рис. 50. Кривые толерантности: с узким (а) и широким (б) диапазоном толерантности

торые растения, живущие в засушливых районах, образуют в течение одного года три поколения листьев, причём листья каждого поколения обладают своим характерным строением. У некоторых из них во время влажного сезона образуются сравнительно крупные листья. Во время более засушливого сезона они опадают, а на смену им приходят мелкие листья, или чешуйки. Иногда исчезает и такая листва, а растение проводит наиболее засушливый период лишь с зелёными стеблями да колючками. Так происходит, например, у молочаев.

Особым приспособлением к неблагоприятным условиям является *анабиоз* — состояние организма, при котором жизненные процессы настолько замедляются, что отсутствуют все видимые признаки жизни. Такое состояние характерно для спор, сухих семян, одноклеточных организмов, некоторых червей, членистоногих, земноводных. В состоянии анабиоза организмы могут переносить крайне неблагоприятные условия, например глубокое промерзание.

Моя лаборатория



Строение растений в связи с условиями жизни

1. Изучите внешнее строение растений (кактус, алоэ, гибискус, бегония, циперус, калла, папоротник, валлиснирия, элодея и др.). Отметьте особенности их строения. С чем они связаны? К каким условиям жизни приспособлено каждое из этих растений?
2. Приготовьте микропрепараты поперечных срезов частей растений:
 - 1) поместите объект (лист, стебель, корень) в расщеп кубика картофеля или пенопласта;
 - 2) косым скользящим движением лезвия сделайте срез такого кубика вместе с объектом (срез должен быть как можно тоньше, прозрачным, площадью в несколько мм²);
 - 3) полученный срез перенесите на кончике препаровальной иглы в каплю воды на предметном стекле;
 - 4) капните на срез раствор флороглюцина, через 1,5 мин оттяните раствор фильтровальной бумагой и добавьте 1—2 капли концентрированной соляной кислоты. (**При работе с кислотой следует соблюдать осторожность!**);



5) после покраснения одревесневших оболочек снова оттяните реактив фильтровальной бумагой, нанесите на срез 1—2 капли глицерина;

6) накройте объект покровным стеклом и изучайте под микроскопом.

Для изучения анатомического строения можно использовать готовые микропрепараты.

3. Рассмотрите микропрепараты, обращая внимание на признаки, указанные в таблице. Начертите в тетради таблицу и занесите в неё результаты исследования.

**Особенности анатомического строения растений
в зависимости от условий жизни**

Названия растений	Анатомическая характеристика растений				
	Толщина покровной ткани	Развитие механической ткани	Форма и расположение клеток основной ткани	Наличие и расположение устьиц	Условия обитания

4. Сделайте вывод.

1. Что такое толерантность? Что характеризует кривая толерантности?
2. Что такое адаптация? Какую роль она играет в жизни организма?
3. Приведите примеры адаптаций животных и растений, живущих в условиях пустыни.



Толерантность.
Лимитирующие факторы.
Адаптация.



ПОДУМАЙТЕ!

В каких предметных областях употребляют термин «толерантность»? Что он обозначает?



§ 41. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ НИША

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое местообитание?
2. Что такое пищевая цепь?
3. Что такое конкуренция?

пустынь. Мы можем говорить о растениях и животных лесов, степей, морей и т. д., другими словами, о местообитаниях организмов. Когда в экологии используют термин «местообитание», то подразумевают место, где живёт организм, его «адрес».

Экологическая ниша. В природе на одной и той же территории обитают сотни групп организмов разных видов. Мы знаем, что организмы ведут жёсткую конкурентную борьбу между собой, а уживаются благодаря тому, что занимают разные экологические ниши.

Экологическая ниша определяется совокупностью всех жизненных условий, необходимых для существования того или иного вида, а также его ролью в биологическом сообществе. Можно сказать, что ниша — «профессия» организма. Так, кенгуру, зебра и бизон обитают на разных континентах, но занимают сходные ниши на просторах степей. В то же время травоядные животные, обитающие в одном месте, могут занимать различные экологические ниши, поедая траву на разной высоте. Например, в африканских саваннах копытные используют пастбищные корма по-разному: зебры обрывают верхушки трав, антилопы гну поедают определённые виды растений, газели выщипывают только низкие травы, а антилопы топи кормятся высокими стеблями.

Экологические ниши совместно живущих видов могут частично перекрываться, но полностью никогда не совпадают, так как при этом один вид будет вытеснять другой. Так, при совместном обитании двух популяций — серой и чёрной крыс — серые крысы вытесняют чёрных.

Один и тот же вид в разные периоды развития может занимать различные экологические ниши. Например, головастик питается растительной пищей, а взрослая лягушка — типичное плотоядное животное, поэтому их ниши различны (рис. 51).

Одно и то же местообитание содержит множество ниш. Каждый вид занимает свою собственную нишу, отвоёванную у других в хо-

Местообитание организма. Вы знаете, что бурый медведь обитает в лесах, а белый медведь живёт на Севере среди льдов и снегов. Каждый понимает, что этих животных мы не встретим в пустыне, а вот верблюд — житель



Рис. 51. Экологические ниши головастика и лягушки

де конкурентной борьбы. Такая специализация организмов позволяет им, с одной стороны, наиболее полно использовать всё пригодное для жизни пространство и источники пищи, а с другой — функционировать на благо всего сообщества. В случае исчезновения вида по каким-либо причинам его экологическую нишу рано или поздно займёт другой вид, выполняющий те же функции в сообществе.

Моя лаборатория



Описание экологической ниши организма

1. Выберите 2—3 хорошо известных организма.
2. Опишите экологическую нишу для каждого организма, указав не менее четырёх факторов среды (температуру, освещённость, влажность, плодородие, пищевой ресурс и др.).

1. Чем различаются понятия «местообитание» и «экологическая ниша»?
2. Могут ли разные виды занимать одну экологическую нишу?
3. Может ли один вид занимать разные экологические ниши? От чего это зависит?
4. Какое значение имеют экологические ниши в жизни сообщества?



**Место-
обитание.
Экологическая
ниша.**



ПОДУМАЙТЕ!

Можно ли по кривой толерантности судить об экологической нише данного организма?

§ 42.

1. Что такое популяция?
2. Может ли вид состоять из одной популяции?
3. Какова роль популяций в эволюции?

Популяцией называют совокупность особей одного вида, занимающих определённую территорию и обменивающихся генетическим материалом. Ввиду того что живые организмы, входящие в одну популяцию, свободно скрещиваются между собой, можно говорить о генофонде популяции.

Популяции состоят из одновидовых организмов, совместно населяющих определённые участки и связанных между собой различными взаимоотношениями, которые обеспечивают им устойчивое существование в данной природной среде. Например, популяцию образуют все особи карася, обитающего в небольшом озере, или все берёзы в лесу. Важнейшим свойством популяций является способность к самовоспроизводству.

Неоднородность организмов, входящих в популяцию, создаёт условия для действия естественного отбора, поэтому популяция считается наименьшей эволюционной единицей. Популяция, таким образом, представляет собой надорганизменную форму организации жизни. Именно благодаря функционированию популяций создаются условия, способствующие поддержанию жизни. В сообществах каждая популяция играет отведённую ей роль, составляя вместе с популяциями других видов некое природное единство, развивающееся и действующее по своим законам.

Свойства популяции. Популяция обладает не только биологическими свойствами составляющих её организмов, но и собственными, которые присущи группе особей в целом. К таким свойствам относятся, например, рождаемость, смертность, возрастной состав (структура) и численность особей.

Наилучшим образом популяцию как группу организмов характеризует **численность** — определённое число особей на данной площади. Поскольку подсчитать всех особей данной популяции, как правило, невозможно, то для оценки численности в экологии принято использовать понятие «плотность популяции». **Плотность популяции** — это число особей, приходящихся на единицу площади или объёма жизненного пространства. Например: 500 деревьев на 1 га леса, 5 млн особей хлореллы в 1 м³ воды, 200 кг рыбы на 1 га поверхности водоёма. Измерением плотности пользуются в



тех случаях, когда важно знать динамику популяции, т. е. ход изменений численности во времени.

Рождаемость характеризует способность популяции к увеличению численности за счёт размножения особей. Показатель рождаемости — это число новых особей (также яиц, семян), родившихся (вылупившихся, отложенных) в популяции за определённый промежуток времени.

Если проследить судьбу некоторой группы особей, родившихся в одно и то же время, можно легко обнаружить, что их численность в течение жизни непрерывно снижается в результате отмирания части особей. Этот процесс называют **смертностью**. Средняя продолжительность жизни определяется величиной смертности особей в группе организмов, появившихся на свет в одном и том же году. Чем больше смертность, тем меньше средняя продолжительность жизни группы, и наоборот.

Возрастная структура популяции характеризуется средней продолжительностью жизни организмов и соотношением численности (или биомассы) особей различного возраста. Формирование возрастной структуры популяции происходит в результате совместного действия процессов размножения и смертности. Анализ возрастной структуры позволяет прогнозировать численность популяций на ряд ближайших поколений и лет, что применяется, к примеру, для оценки возможностей промысла рыбы, в охотничьем хозяйстве, в зоологических исследованиях. Особенности возрастной структуры определяют многие свойства популяции как системы.

1. В одном озере живут окунь, ёрш, карась, щука, плотва. В соседнем, изолированном от первого водоёме обитают окунь, щука, судак, лещ, плотва. Сколько видов и сколько популяций населяют оба водоёма?
2. Какими свойствами обладают популяции? Охарактеризуйте эти свойства.



Популяция.
Численность.
Плотность.
Рождаемость.
Смертность.
Возрастная структура.



ПОДУМАЙТЕ!

Какова была численность популяции перед началом промысла, если в начале сезона было помечено 1000 рыб, а в ходе последующего лова из 5000 пойманных рыб 350 оказались мечеными?



§ 43. ТИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОПУЛЯЦИЙ РАЗНЫХ ВИДОВ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие биотические факторы среды вам известны?
2. Какие виды конкурентной борьбы вам известны?
3. Что такое симбиоз?

условия жизни представляют собой совокупность биотических факторов среды. Наиболее ярко экологические взаимодействия организмов проявляются в пищевых и пространственных связях.

Все биотические взаимодействия можно разделить на 6 групп:

- 1) организмы не оказывают влияния друг на друга (0 0);
- 2) между организмами существуют взаимовыгодные полезные связи — симбиотические отношения (+ +);
- 3) отношения, вредные для обоих организмов (— —);
- 4) один из организмов получает выгоду, другой испытывает угнетение (+ —);
- 5) один вид получает пользу, другой не испытывает вреда (+ 0);
- 6) один вид угнетается, другой не извлекает пользы (— 0).

Типы экологических взаимодействий. Рассмотрим в общих чертах основные типы взаимодействий.



Рис. 52. Симбиоз (лишайник)



Рис. 53. Мутуализм (рак-отшельник и актиния)



В природе часто встречаются взаимовыгодные связи, при которых организмы разных видов получают обоюдную пользу от этих отношений. К этой группе взаимополезных биотических связей относятся многообразные симбиотические отношения организмов. Обязательное условие подобных отношений — совместная жизнь, определённая степень сожительства организмов.

Собственно **симбиоз** — неразделимые связи двух видов, предполагающие обязательное тесное сожительство организмов, иногда даже с элементами паразитизма. Классическим примером симбиоза являются лишайники (рис. 52), представляющие собой тесное взаимовыгодное сожительство грибов и водорослей. Благодаря симбиозу лишайники достигли высокого видового разнообразия (более 20 тыс. видов) и получили способность жить в самых суровых условиях: в полярных областях, на голых скалах, на коре деревьев, в высокогорьях.

Самый простой тип симбиотических связей — *протокооперация* (буквально: первичное сотрудничество) (+ +). При этой форме совместное существование выгодно для обоих видов, но не обязательно для них. Примером таких отношений можно назвать распространение муравьями семян некоторых растений леса, опыление пчёлами разных растений. В этих случаях отсутствует необходимая тесная связь конкретной пары партнёров.

Симбиотические отношения, при которых наблюдается устойчивое взаимовыгодное сожительство двух организмов разных видов, называют *мутуализмом* (+ +). Таковы, например, взаимоотношения рака-отшельника и актинии (рис. 53) или узкоспециализированных к опылению растений с опыляющими их видами насекомых (клевер и шмель). Мутуализм широко распространён в природе.

Хищничество (+ -) — такой тип взаимоотношений популяций, при котором представители одного вида поедают (уничтожают) представителей другого, т. е. организмы одной популяции служат пищей для организмов другой популяции. Хищник обычно сам ловит и умерщвляет свою жертву, после чего съедает её полностью



Рис. 54. Хищничество (насекомоядная птица)



Рис. 55. Паразитизм (растение-паразит повилика)



Рис. 56. Конкуренция (чепрачный шакал)

или частично. Поэтому для хищников характерно охотничье поведение. Но, кроме хищников-охотников, существует ещё и большая группа хищников-собирателей, способ питания которых заключается в простом поиске и сборе добычи. Таковы, например, многие насекомоядные птицы, собирающие пищу на земле, в траве или на деревьях (рис. 54).

Паразитизм (+ –) — это форма взаимосвязей между видами, при которой организмы одного вида (паразита, потребителя) живут за счёт питательных веществ или тканей организма другого вида (хозяина) в течение определённого времени. Обычно паразит использует живого хозяина не только как источник пищи, но и как место постоянного или временного проживания. В роли паразитов могут выступать и растения (рис. 55), и животные.

Если в экологической системе два или более вида (популяции) со сходными экологическими требованиями обитают совместно, между ними возникают взаимоотношения отрицательного типа, которые называют **конкуренцией** (– –).

Конкурентное взаимодействие может касаться пространства, пищи, света, зависимости от хищников, подверженности болезням и действию различных экологических факторов. Необходимо иметь в виду, что конкуренцией нельзя считать просто использование организмами одного и того же природного ресурса. Об отрицательном взаимодействии можно говорить только в том случае, когда этого ресурса не хватает и когда его совместное потребление неблагоприятно отражается на популяции. Конкуренцию подразделяют на внутривидовую и межвидовую.



Внутривидовая конкуренция — это борьба за одни и те же ресурсы, происходящая между особями одного и того же вида (рис. 56).

Межвидовая конкуренция, или конкуренция между особями разных видов, чрезвычайно широко распространена в природе и касается практически всех, поскольку редко какой вид не испытывает хоть небольшого давления со стороны организмов иных видов. Формы проявления межвидовой конкуренции могут быть различными: от жестокой борьбы до почти мирного сосуществования. Но, как правило, из двух видов с одинаковыми экологическими потребностями один обязательно вытесняет другой. В результате конкуренции в сообществе совместно уживаются только те виды, которые сумели хотя бы немного разойтись в экологических требованиях.

Таковы основные типы биотических взаимоотношений в живой природе. Необходимо помнить, что тип взаимодействия конкретной пары видов может изменяться в различных условиях и в зависимости от стадий их пожизненных циклов. Кроме того, один и тот же вид в сообществе может находиться в разных отношениях с окружающими его видами. Таким образом, межпопуляционные связи в природе бесконечно многообразны, а изучение и познание их — важнейшая задача для экологии.

1. Какие вам известны примеры положительных и отрицательных взаимодействий между организмами разных видов? 
2. В чём заключается сущность отношений типа хищник—жертва?
3. В чём сходство и различие хищничества и паразитизма?
4. Как вы понимаете мутуализм и симбиоз? 
 1. Приведите известные вам примеры симбиотических взаимоотношений.
 2. Приведите примеры внутривидовой конкуренции и объясните к каким последствиям она приводит.

Симбиоз.
Хищничество.
Паразитизм.
Конкуренция. 

ПОДУМАЙТЕ!

Какую роль экологические взаимодействия организмов играют в экосистеме?



§ 44. ЭКОСИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРИРОДЫ. КОМПОНЕНТЫ ЭКОСИСТЕМ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое цепи питания?
2. Какие организмы называют автотрофами?
3. Какие организмы относят к гетеротрофам?

Совокупность всех живых существ, населяющих участок суши или водоёма, называют **сообществом**. Все растения, животные, грибы, микроорганизмы, находящиеся в тесной связи друг с другом, создавая неразрывную систему взаимодействующих организмов и их популяций, называют **биоценозом**.

Экосистема. Это любое сообщество живых существ вместе с его средой обитания, функционирующее как единое целое. Примером экосистемы может служить пруд, включающий сообщество гидробионтов (организмов, жизнь которых протекает в воде), физические свойства и химический состав воды, особенности рельефа дна, состав и структуру грунта, атмосферный воздух, взаимодействующий с поверхностью воды, солнечную радиацию.

Компоненты экосистемы. Экосистема представляет собой элементарную функциональную единицу живой природы, в которой осуществляются взаимодействия между всеми её компонентами, происходит круговорот веществ и энергии. В состав экосистемы входят неорганические вещества (вода, углекислый газ, соединения азота и др.), которые включаются в круговорот, и органические соединения (белки, углеводы, жиры и др.), связывающие биотическую (живую) и абиотическую (неживую) её части.

Существование любой экосистемы обеспечивается постоянным притоком энергии. Единственным источником энергии для жизни на Земле является солнечный свет. Но энергию солнечного света могут непосредственно использовать только автотрофы — фотосинтезирующие растения и цианобактерии, которые называются производителями или **продуцентами**. Продуценты превращают солнечную энергию в энергию органических соединений. Таким образом, автотрофы занимают первый пищевой, или трофический, уровень и являются важнейшей частью сообщества.

Все остальные организмы относят к гетеротрофам, которые питаются готовыми органическими веществами и занимают последующие трофические уровни. Гетеротрофы усваивают, перестраивают и разлагают сложные органические вещества, синтезированные



продуцентами. Гетеротрофные организмы подразделяют на **консументы** (потребители) и **редуценты** (восстановители).

К консументам принадлежит большинство животных, а также некоторые грибы. Среди них обычно выделяют *консументы первого порядка*, использующие в пищу продуценты (травоядные животные, а также паразитирующие на растениях грибы). Эти организмы ещё называют первичными потребителями. Их, в свою очередь, поедают вторичные потребители — *консументы второго порядка*, которыми могут питаться *консументы третьего порядка*, и т. д.

Редуценты представлены в основном бактериями и грибами, обеспечивающими разложение органических соединений до неорганических веществ (углекислый газ, вода, соли аммония и др.). В результате они возвращают в окружающую среду вещества, изъятые из неё растениями.

Классификация экосистем. При классификации наземных экосистем обычно используют признаки растительных сообществ (составляющих основу экосистем) и климатические (зональные) признаки. Так, выделяют определённые типы экосистем, например тундра лишайниковая, тундра моховая, лес хвойный (еловый, сосновый), лес лиственный (березняк), степь, кустарники (ивняк), болото травянистое, болото сфагновое.

Часто в основу классификации природных экосистем кладут характерные экологические признаки местообитаний, выделяя сообщества морских побережий или шельфа, озёр или прудов, пойменные или суходольные луга, каменистые или песчаные пустыни, горные леса и др. Все природные экосистемы связаны между собой и вместе образуют живую оболочку Земли, которую можно рассматривать как самую большую экосистему. Эту экосистему называют **биосферой**.

1. Приведите примеры экосистем.
2. Из каких основных компонентов состоят экосистемы? Ответ представьте в виде схемы.

Сделайте описание любой экосистемы.



Сообщество.
Биоценоз.
Экосистема.
Продуценты.
Консументы.
Редуценты.
Биосфера.



ПОДУМАЙТЕ!

В чём различие понятий «экосистема» и «биогеоценоз»?



§ 45. СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое пищевая цепь и пищевая сеть?
2. Какую роль играет ярусность в фитоценозе?

которую они играют в процессах переноса энергии и вещества, по месту, занимаемому в пространстве и в пищевой (трофической) сети, либо по иному признаку, существенному для понимания закономерностей функционирования естественных экосистем.

Видовая структура. Под видовой структурой биоценоза понимают разнообразие в нём видов и соотношение их численности или массы. Каждый конкретный биоценоз характеризуется строго определённым видовым составом. Везде, где условия абиотической среды приближаются к оптимальным для жизни, возникают богатые видами сообщества, например тропические леса, коралловые рифы (рис. 57) и др. Молодые, формирующиеся сообщества, как правило, имеют меньший набор видов, чем давно сложившиеся, зрелые.

Пространственная структура. Виды могут по-разному распределяться в пространстве в соответствии с их потребностями и условиями местообитания. Такое

распределение видов, составляющих биоценоз, называют **пространственной структурой** биоценоза. Различают вертикальную и горизонтальную структуру биоценоза. *Вертикальная структура биоценоза* образована отдельными его элементами, особыми слоями, которые называются *ярусами*. Ярусность особенно ярко выражена в лесных фитоценозах (растительных сообществах) (рис. 58). Здесь насчитывается обычно 4—6 ярусов: древесный (высокие и низкие деревья), куст-



Рис. 57. Видовая структура биоценоза кораллового рифа



тарниковый (подлесок), травяно-кустарничковый, моховой (или лишайниковый), подстилка (опад листвы). Малоярусные сообщества — луг, степь, болото — имеют по 2—3 яруса.

Ярусное строение фитоценоза даёт растениям возможность более полно использовать ресурсы среды, прежде всего свет, тепло и влагу. Растения разных ярусов живут в разных условиях, что уменьшает конкуренцию и способствует увеличению видового разнообразия. Чем благоприятнее условия местообитания, тем сложнее ярусность.

Подобно распределению растительности по ярусам, в биоценозах разные виды животных также занимают определённые уровни. В почве живут почвенные черви, микроорганизмы, землеройные животные. В листовом опаде, на поверхности почвы живут различные многоножки, жуужелицы, клещи. Ярусность присуща также биоценозам океана и морей. Разные виды планктона держатся на разной глубине в зависимости от освещения, а разные виды рыб — в зависимости от того, где они находят себе пропитание.

Живые организмы распределены в пространстве неравномерно. Обычно они составляют группировки, что является приспособительным фактором в их жизни. Такие группировки организмов определяют *горизонтальную структуру биоценоза*. Расчленённость в горизонтальном направлении — мозаичность — свойственна практически всем биоценозам. Примеров такого распределения можно привести множество. Огромными косяками передвигаются с места на место многие виды рыб. В большие стаи собираются водоплавающие и воробьиные птицы, готовящиеся к дальним пере-



Рис. 58. Ярусность леса



Рис. 59. Стадо оленей — горизонтальная структура биоценоза

лётам. Олени в условиях тундры образуют огромные стада (рис. 59). Такие же примеры можно привести и для растений: пятнистое размещение особей клевера на лугу, пятна мхов и лишайников, скопление кустарничков брусники в сосновом лесу, обширные пятна кислицы в еловом лесу, земляничные поляны на светлых опушках.

Трофические связи — это связи в экосистеме, которые возникают, когда один вид питается другим: либо жи-

выми особями, либо их мёртвыми остатками, либо их продуктами жизнедеятельности. Пища содержит энергию, которая необходима для жизнедеятельности организма. Таким образом, пищевые связи в сообществах представляют собой механизмы передачи энергии от одного организма к другому — **пищевые цепи**. Простой пример пищевой цепи даёт следующая последовательность: расти-

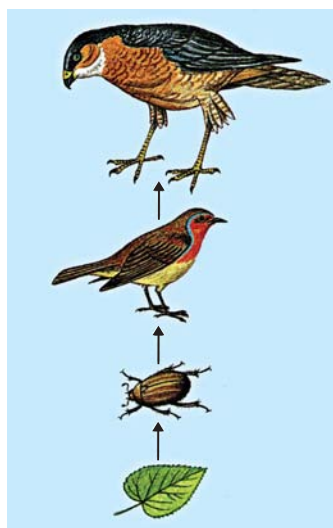


Рис. 60. Пищевая цепь (схема)

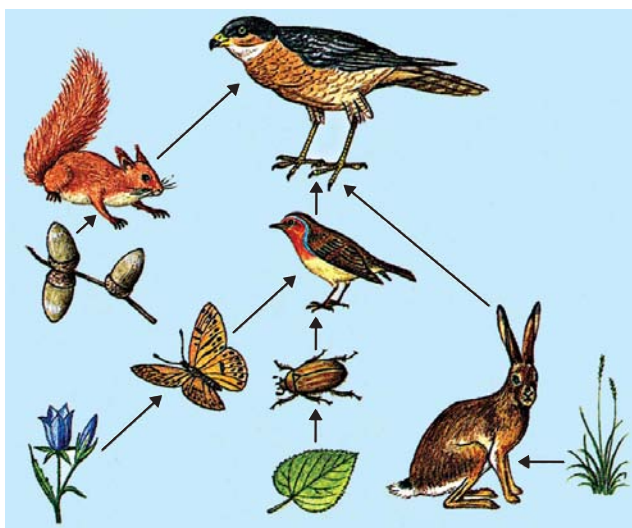


Рис. 61. Пищевая сеть (схема)



тельность → питающееся растениями насекомое → насекомоядная птица → хищная птица (рис. 60). В этой цепи осуществляется однонаправленный поток веществ и энергии от одной группы организмов к другой. В каждом сообществе пищевые цепи переплетены в сложную **пищевую сеть** (рис. 61). Схематически её можно представить в виде скрещивающихся линий, соединяющих различные звенья пищевых цепей, напоминающих сеть. Пищевая сеть объединяет растения и животных.

Большой интерес для экологии представляет не только поток энергии, но и её общее количество, накопленное в форме живого вещества, на каждом трофическом уровне экосистемы. Чем выше уровень, тем ниже общая биомасса и численность составляющих его организмов. Графически это изображают в виде пирамиды (рис. 62). Такие пирамиды называют *пирамидами численности или биомассы*.

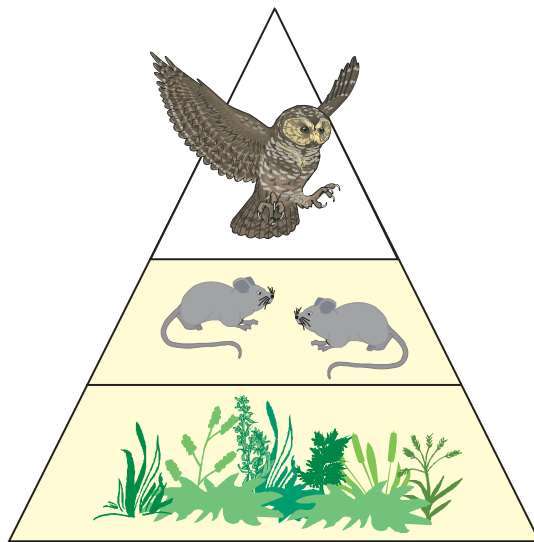


Рис. 62. Экологическая пирамида (схема)

1. Какое значение имеет разнообразие видов в сообществе?
2. Чем объясняется ярусное строение фитоценозов?
3. Что такое пищевая цепь и пищевая сеть?

Расскажите, основываясь на своих наблюдениях, о жизни животных, обитающих в разных ярусах лесного сообщества.

Структура сообщества.
Пищевая цепь.
Пищевая сеть.

ПОДУМАЙТЕ!

Почему при географической изоляции наблюдается, как правило, сокращение числа видов?



§ 46. ПОТОК ЭНЕРГИИ И ПИЩЕВЫЕ ЦЕПИ

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое продуценты, консументы, редуценты?
2. Что такое пищевые цепи и пищевые сети?

Поток энергии. Вы уже знаете, что для осуществления любых жизненных процессов необходима энергия и что единственным источником энергии для продуцентов является солнечный свет. Продуценты аккумулируют солнечную энергию и запасают её.

Консументы получают свою долю энергии, часть которой тратят на процессы, происходящие в клетках, а также выводят с продуктами жизнедеятельности в окружающую среду. Оставшаяся часть энергии расходуется на процессы роста, размножение и рассеивается в виде тепла. Часть растительной биомассы (суммарная масса растений), не съеденная животными, вместе с запасённой в ней энергией поступает в почву в виде опада.

Растительный опад, трупы и экскременты животных служат источником питательных веществ и энергии для редуцентов. Так же как и консументы, редуценты часть энергии запасают в своей биомассе, а часть рассеивают в виде тепла. После гибели редуцентов их клетки разлагаются, возвращая в почву органические вещества.

Таким образом, энергия аккумулируется на уровне продуцентов, проходит через консументы и редуценты, входит в органические вещества почвы и рассеивается при разрушении различных соединений.

Процессы передачи энергии подобным образом происходят в любых экосистемах: как наземных, так и водных. Поток энергии проходит через любую экосистему, и каждое живое существо использует определённую часть этой энергии.

Типы пищевых цепей. Как вы знаете, перенос энергии от её источника (растений) через ряд организмов называют пищевой цепью.

Все живые организмы связаны между собой энергетическими отношениями, так как являются объектами питания других организмов. Пищевые цепи состоят из продуцентов и консументов, которые на разных этапах смыкаются с редуцентами. Различают два типа пищевых цепей. Первый тип пищевой цепи начинается с растений, идёт к растительноядным животным и заканчивается хищниками. Растительноядных животных в такой цепи называют пастбищными, а тип пищевой цепи — **пастбищной**. Второй тип пище-



вой цепи начинается от остатков растений или животных, а также экскрементов животных и идёт к мелким животным или микроорганизмам. В результате деятельности последних образуется полуразложившаяся масса — *детрит*. Такую цепь питания называют **детритной**.

Рано или поздно энергия, заключённая в мёртвом органическом веществе, будет полностью использована редуцентами и рассеяна в виде тепла при дыхании. Исключением являются случаи, когда местные абиотические условия очень неблагоприятны для процесса разложения (высокая влажность или сухость, мерзлота). Тогда залежи не полностью переработанного высокоэнергетического вещества накапливаются и со временем при подходящих условиях превращаются в горючие ископаемые — нефть, уголь, торф.

Круговорот веществ. Благодаря жизнедеятельности организмов в экосистемах непрерывно протекают процессы синтеза и распада органических веществ и происходят круговороты веществ. На разных этапах эволюции органического мира нашей планеты соотношение процессов синтеза и распада не было постоянным. В начальный период процессы синтеза преобладали над разрушением. Из первичной атмосферы в большом количестве были изъяты метан, сероводород, углекислый газ, а концентрация свободного кислорода, отсутствовавшего в ней прежде, достигла современных 21%. Со временем неравенство этих процессов в биосфере перешло в относительное равновесие. В настоящее время в связи с активной хозяйственной деятельностью человека, вызывающей нарушение сложившегося в природе равновесия, процессы разрушения стали преобладать над процессами созидания, причём эти тенденции становятся всё более выраженными.

1. Откуда организмы получают энергию и как они её расходуют? 
 2. Как связаны между собой продуценты, консументы и редуценты? 
- Составьте пастбищную и детритную цепи питания.

Поток энергии. 
Пищевая цепь:
пастбищная и
детритная.
Круговорот
веществ.

ПОДУМАЙТЕ!

Какое значение в природе имеет круговорот веществ?



§ 47. ИСКУССТВЕННЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие экологические факторы влияют на растительный и животный мир сообщества?
2. Какое значение имеет разнообразие видов в экосистеме?

завозил природные ресурсы, разрушая сложившиеся естественные и создавая искусственные, или антропогенные, экосистемы. Поля, огороды, сады, парки, лесные насаждения, пастбища — всё это искусственно созданные биоценозы, или **агроценозы**.

Сравнение естественных и искусственных экосистем. В агроценозах складываются такие же пищевые цепи, что и в естественных экосистемах: продуценты (культурные растения, сорняки), консументы (насекомые, птицы, грызуны, хищники) и редуценты (бактерии и грибы). Особенностью агроценозов является обязательное присутствие в них человека.

Важным свойством природного сообщества является его устойчивость. Экологическая устойчивость агроценозов невелика. Без участия человека агроценозы зерновых и овощных культур существуют не более одного года, многолетних трав — 3 года, плодовых культур — 20 лет.

Для естественного биоценоза единственным источником энергии является Солнце. Агроценозы, помимо солнечной энергии, дополнительно получают энергию, затрачиваемую человеком на обработку почвы, борьбу с сорняками, вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, внесение удобрений и т. д.

В естественной экосистеме первичная продукция растений (урожай), пройдя через многочисленные цепи питания, вновь возвращается в систему биологического круговорота. В агроценозе такой круговорот нарушен, так как большая часть продукции изымается человеком при сборе урожая. В результате постоянно приходится заботиться о поддержании плодородия почвы.

Агроценозы дают человечеству около 90% пищевой энергии. Однако при неправильном ведении сельскохозяйственного производства происходит потеря плодородия почвы, её засоление, опустынивание огромных территорий и загрязнение окружающей среды.



Массовое сведение лесов под сельскохозяйственные угодья приводит к серьёзным негативным изменениям в биосфере.

Экосистемы городов. Наряду с агроценозами экосистемы городов занимают всё большее место в развитии биосферы. Уже сейчас более половины населения Земли живёт в городах и посёлках городского типа, а в промышленно развитых странах эта цифра доходит до 70%.

В экосистемах городов нарушено соотношение продуцентов, консументов и редуцентов. В город постоянно поступает энергия и ресурсы, необходимые для его функционирования. Город производит огромное количество ядовитых газов, токсичных отходов, загрязняющих окружающую среду. В связи с этим экологическое равновесие в городской экосистеме не может быть достигнуто, поэтому регулирование всех процессов, связанных с потоками вещества и энергии в городе, берёт на себя человек. Очень важно, чтобы город был экосистемой, которая не вредит здоровью людей.

Моя лаборатория



Выделение пищевых цепей в искусственной экосистеме на примере аквариума

1. Определите, какие организмы живут в аквариуме.
2. Составьте все возможные пищевые цепи в аквариумной экосистеме.
3. Постройте пищевую сеть для этой экосистемы.
4. Сравните аквариум с естественным водоёмом. Что общего и какие различия у этих экосистем?
5. Сделайте вывод.

1. Какие экосистемы называют искусственными?
2. Сравните естественные и антропогенные экосистемы. Ответ оформите в виде таблицы.



Агроценоз.



ПОДУМАЙТЕ!

Можно ли создать благоприятную среду обитания для человека в крупных городах?



§ 48. ЭКСКУРСИЯ «СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЖИВОЙ ПРИРОДЕ»

ВСПОМНИТЕ

1. Что такое экосистема?
2. Каковы основные компоненты экосистемы?
3. Что такое адаптации?
4. Какие среды жизни доступны организмам?

Цель экскурсии: познакомиться с сезонными изменениями в жизни организмов; выяснить их биологическое значение; научиться фиксировать сезонные изменения в жизни растений и животных.

Необходимое оборудование:

Обязательный набор: 1) аптечка первой помощи; 2) простые карандаши, блокнот; 3) бинокль, лупа, фотоаппарат; 4) бумажные

салфетки; 5) перочинный нож; 6) часы; 7) складной метр (рулетка); 8) баночки (коробочки) с крышками; 9) ботаническая папка.

Дополнительный набор: 1) карта местности; 2) компас; 3) верёвка; 4) лопатка; 5) фонарь; 6) термос с чаем; 7) полотенце, 8) средства защиты от дождя.

Внимание! На экскурсию следует надевать удобную неяркую одежду и непромокаемую обувь, ни в коем случае не новую.

План экскурсии:

1. Среда жизни и её обитатели. Экосистемная организация природы (на примере водоёма, луга, поля, городского парка).
2. Адаптации организмов к условиям среды обитания.
3. Сезонные изменения в живой природе. Особенности организации наблюдений как метода биологических исследований.

Источники информации:

1. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях. — М.: Наука, 1966.
2. Фенологические наблюдения (организация, проведение, обработка). Унифицированное руководство для добровольной фенологической сети. — Л.: Наука, 1982.
3. Шульц Г. Э. Общая фенология / Г. Э. Шульц. — Л.: Наука, 1981.
4. Сайт экологического центра «Экосистема»

<http://www.ecosystema.ru>

Сезонные изменения в природе проявляются в виде закономерного чередующихся сезонных явлений. Каждой местности свойственны свои сезонные явления и свои календарные сроки их наступления. Ежегодные колебания сроков наступления сезонных явлений природы нередко значительны. Систему знаний о сезонных



явлениях природы, о сроках их наступления и причинах, определяющих эти сроки, называют **фенологией** (от греч. *phainomena* — явление, *logos* — слово). Фенологические наблюдения имеют важное теоретическое и практическое значение для различных направлений биологической науки, а также связанных с ней прикладных отраслей — сельского хозяйства, лесного хозяйства, охотничье-промыслового хозяйства.

В фенологии сезонные изменения учитываются с помощью фенологических наблюдений, т. е. записей дат (число, месяц, год) наступления чётко проявляющихся, легко и точно наблюдаемых событий в природе, не требующих для своей регистрации специальной аппаратуры. Вам наверняка известны такие события в неживой природе, как первые и последние весенние заморозки; замерзание осенью и вскрытие весной озёр и прудов; установление и разрушение снежного покрова и т. п. Не меньшее значение для фенологии имеют наблюдения за сезонными проявлениями жизнедеятельности отдельных видов организмов и их сообществ.

Сезонные явления в мире растений и грибов. Цикл сезонного развития растений состоит из закономерно сменяющих друг друга морфологически различных этапов. Каждый из таких этапов называют сезонной или фенологической фазой развития. Обычно используют следующую, относительно простую систему фитофенологических фаз, наблюдаемых у наиболее заметных представителей местной растительности:

- 1) начало весеннего сокодвижения (наблюдается у клёнов, берёз, винограда);
- 2) всходы (однолетних видов, в частности сельскохозяйственных культур);
- 3) начало распускания почек;
- 4) начало облиствения;
- 5) начало и конец цветения;
- 6) начало созревания плодов;
- 7) начало рассеивания плодов или семян;
- 8) начало осеннего отмирания листьев (у листопадных и летнезелёных растений);
- 9) начало осеннего листопада;
- 10) полное осеннее расцвечивание листьев;
- 11) конец листопада.

К сезонным явлениям растительного мира относят также случаи повреждения или гибели растений от вредных воздействий: весенних и осенних заморозков, засухи, паразитарных заболеваний или животных-вредителей. Индикаторами этого явления служат



сельскохозяйственные культуры (картофель, помидоры, огурцы; на юге — хлопчатник, клещевина), а также декоративные виды (георгины, шалфей блестящий, бархатцы; на юге — канны).

Часто в фенологических наблюдениях отмечают сезонные явления в жизни наиболее широко распространённых шляпочных грибов (белый гриб, подосиновик, подберёзовик, маслёнок, волнушка, груздь, опёнок осенний): появление первых единичных грибов; начало и конец промыслового сбора.

Сезонные явления в мире животных очень разнообразны. Как правило, они менее доступны для наблюдения, чем в мире растений (подумайте почему). Относительно легки наблюдения над видами, встречающимися в массовых количествах: птицы во время перелётов, рыбы при их массовом отлове, лягушки, насекомые (например, пчёлы, комары, некоторые виды бабочек, жуков и т. п.). Для таких видов сроки наступления отдельных явлений могут быть установлены достаточно точно.

Очень удобно фиксировать сезонные явления в жизни беспозвоночных животных. Все они являются холоднокровными животными. Зимой они впадают в оцепенение, весной отмечается их оживление, а осенью — исчезновение. Беспозвоночным свойственна смена сезонных фаз развития. Для характеристики сезонной динамики обычно используют следующие группы сезонных явлений:

1. Явления, свидетельствующие о наступлении определённых этапов годичного цикла природы: первое появление мух, ярких весенних бабочек (крапивницы, крушинницы, лимонницы, траурницы и т. п.), кобылок, цикад, крупных жуков (майского хруща), вылет крупных стрекоз, начало стрекотания кузнечиков, вылет осенних бабочек (осенней и зимней пяденицы), начало лёта паутины осенью. Индикатором прогрева почвы служит появление дождевых червей.

2. Явления, связанные с появлением в массовом количестве паразитов человека и домашних животных (комаров, мошки, слепней, осенних жигалок): первые укусы, массовое нападение на человека и домашних животных и конец нападений.

3. Явления, связанные с появлением в массовом количестве вредителей сельскохозяйственных культур и лесов: бабочки-белянки (капустницы, репницы, брюквенницы, боярышницы), непарного шелкопряда, сосновой пяденицы, клопов-солдати́ков, саранчи, слизней, медведок и др.

4. Явления, связанные с жизнью пчёл. На юге, где улья с пчёлами не убирают на зиму в тёплые помещения, отмечают их первый вылет за взятком, а осенью — прекращение вылетов.

**Задания для экскурсии:****Этап 1. Среда жизни и её обитатели. Экосистемная организация природы**

1. Посетите под руководством учителя один из биогеоценозов в окрестностях вашей школы (водоём, луг, поле, городской парк).

2. Занесите в рабочую тетрадь краткую характеристику среды жизни (местообитания): тип сообщества, тепловой (температурный) режим, световой режим, влажность.

3. Запишите названия встретившихся вам обитателей.

4. Составьте, используя список обитателей биогеоценоза (см. п. 3), вероятные цепи питания. Запишите их в тетрадь.

Этап 2. Адаптации организмов к условиям среды обитания

1. Познакомьтесь с приспособлениями организмов, обитающих в данном биогеоценозе, к различным экологическим факторам.

2. Работая в группах или парах, на конкретных объектах (одно растение и одно животное) детально изучите приспособления организмов к различным экологическим факторам.

3. Собранные данные занесите в таблицу в тетради.

Среда обитания	Растения, обитающие в данной среде	Приспособления растений к среде обитания	Животные, обитающие в данной среде	Приспособления животных к среде обитания

Этап 3. Сезонные изменения в живой природе. Особенности организации наблюдений как метода биологических исследований

1. Внимательно изучите материал параграфа об особенностях сезонных изменений в жизни организмов.

2. Определите, какие явления в жизни обитателей биогеоценоза характерны для данного сезона (по состоянию на день экскурсии).

3. Собранные данные занесите в рабочую тетрадь.

Подведение итогов экскурсии

Проведение наблюдений за сезонными изменениями в живой природе даёт богатый фактический материал для осуществления практической исследовательской деятельности в области биологии и экологии.



§ 49. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

ВСПОМНИТЕ

1. Какие загрязнения окружающей среды вам известны?
2. Какие организмы называют консументами?
3. Что такое пищевая цепь?

уничтожение лесов, нарушение озонового слоя и т. д. И если климатические изменения могут быть вызваны изменением наклона земной оси, а точная причина уменьшения озонового слоя пока неизвестна, то остальные экологические проблемы однозначно являются следствием хозяйственной деятельности человека.

Загрязнение окружающей среды. Развивающиеся промышленные производства, энергетика, сельское хозяйство могут при несоблюдении экологических требований вызывать загрязнение окружающей среды. Так, хозяйственные выбросы тяжёлых металлов — свинца, кадмия и цинка уже превосходят естественное содержание этих металлов в биосфере соответственно в 18, 5 и 3 раза. Соединения тяжёлых металлов — это *токсичные (ядовитые) вещества*. К токсичным соединениям относятся также диоксины (побочные продукты многих производств, где используется хлор), которые даже в ничтожных концентрациях подавляют иммунную систему организмов, повышают чувствительность к вирусным заболеваниям, снижают умственную и физическую работоспособность. В более высоких концентрациях они могут вызывать раковые заболевания, поражать нервную систему, печень, пищеварительный тракт.

В сельском хозяйстве широко используют различные *ядохимикаты*. Их воздействию подвергаются не только вредители, но и все живущие рядом организмы (птицы, черви, насекомые-опылители, бактерии и др.) и сам человек.

Многие загрязнители *передаются по пищевым цепям* и накапливаются в них. Это явление характерно для трудно разрушающихся (устойчивых) веществ. К таким соединениям относятся, в частности, многие радиоактивные атомы (например, стронций-90). Организмы накапливают загрязнитель, передавая его по пищевым

Экологическими проблемами называют такие изменения природной среды, которые ведут к нарушению структуры и функционирования биосферы. Экологические проблемы, затрагивающие всю Землю, называют *глобальными*. К таким проблемам относят изменения климата, загрязнение атмосферы, водных систем и почв,



цепям консументам более высокого порядка, вплоть до человека. А так как консументы съедают за свою жизнь не одно растение или животное, а много, то с каждым уровнем трофической цепи концентрация вредных веществ в организмах повышается примерно в 10 раз, доходя до смертельных доз. Так, в рыбе концентрация ртути может быть в 1000 раз больше, чем в воде, в которой она живёт. Любой организм, питающийся такой рыбой, подвергает себя смертельной опасности.

Каждый загрязнитель оказывает определённое отрицательное воздействие на природу, поэтому поступление вредных веществ в окружающую среду должно строго контролироваться.

Пути решения экологических проблем. Мы живём в обществе, для которого характерно нерациональное, расточительное использование природных ресурсов. Но ресурсы Земли ограничены. Для сохранения человеческой цивилизации необходимо построить общество, основой которого должно стать разумное использование природных ресурсов.

Стратегия развития человеческого общества, которая позволит гармонично сочетать его потребности с возможностями сохранения нормального функционирования биосферы, — это стратегия **рационального природопользования**, т. е. оптимальных способов эксплуатации естественных и искусственных экосистем. Такая стратегия характеризуется не только широким распространением производственных способов (технологий) сбережения энергии и ресурсов, но и изменением характера потребностей людей. Главной должна стать установка на разумное и бережное отношение к нашему общему и единственному дому — планете Земля. Каждый из нас должен понимать, что нарушение законов природы неизбежно ведёт к гибели цивилизации. Вот почему экологические знания необходимы каждому члену общества.

Таким образом, рациональное природопользование включает следующие виды деятельности:

- контроль важнейших характеристик состояния окружающей среды (концентрация вредных веществ и т. д.);
- восстановление и охрану лесов;
- расширение и увеличение числа заповедных зон;
- охрану и разведение редких видов растений и животных;
- внедрение энергосберегающих технологий, прошедших предварительную экспертизу на безопасность для окружающей среды;
- использование в сельском хозяйстве высокоурожайных сортов и высокопродуктивных пород, устойчивых к болезням и неблагоприятным факторам среды;



В. И. Вернадский
(1864–1945)

- экологическое образование населения;
- международное сотрудничество в деле охраны среды.

Разработка экологического законодательства и создание эффективных механизмов его реализации также являются непременным элементом построения общества, находящегося в гармонии с природой.

Каждый знает, насколько важно охранять окружающую природу. Но делаем ли мы хоть что-нибудь для того, чтобы улучшить экологическую обстановку? Конечно, сложно сократить выброс вредных веществ из заводских труб, но не бросать в канаву бутылку из-под минеральной воды,

а донести её до урны может каждый из нас. Пластик, из которого сделана бутылка, разлагается в почве очень медленно, помимо этого, в его состав входят токсичные вещества, которые отравляют почву.

Дать вторую жизнь мусору возможно на специализированных предприятиях по переработке отходов, где пластиковую бутылку превращают во вторичное сырьё, из которого изготавливают добавку к асфальту, синтетические нити, различные строительные материалы и многое другое. Это один пример, а их можно привести десятки: мы можем зимой подкормить птиц, а летом они спасут нас от кровососущих насекомых; мы можем не ломать деревья у дома, а они обеспечат нам кислород для дыхания. Каждый из нас должен приложить хотя бы небольшие усилия, и тогда все вместе мы сделаем очень много для сохранения нашей среды обитания.

Человек лишь один из множества биологических видов на нашей планете и свою деятельность должен строить исходя из того, что биосфера без человека существовала и может существовать, человек же вне биосферы существовать не может.

Выдающийся русский учёный **Владимир Иванович Вернадский** (1864—1945), один из создателей современных представлений о биосфере, определил её как особую геологическую оболочку, область распространения жизни. В. И. Вернадский считал, что человечество — закономерный продукт развития биосферы и что оно «не может физически быть от неё независимым ни на одну минуту».



Моя лаборатория

Крупнейшая техногенная экологическая катастрофа произошла в апреле 2010 г. в Мексиканском заливе. В результате взрыва нефтяной платформы была повреждена нефтяная скважина. Нефть из неё в течение почти пяти месяцев поступала в воды залива, образовав огромное пятно на поверхности и значительные скопления в толще вод. В результате разлива нефти оказались загрязнены побережья в штатах Луизиана, Миссисипи, Алабама и Флорида. Пострадало и погибло огромное количество животных.

Более 57 000 кв. миль площади залива было закрыто для ведения рыболовной деятельности. Огромный ущерб был нанесён рыболовной и туристической деятельности в регионе.





Ноосфера. Ещё в начале XX в. В. И. Вернадский в своих работах указывал на то, что воздействие человека на биосферу растёт столь быстро, что не за горами время, когда он превратится в основную геологообразующую силу. Именно поэтому неизбежно настанет время, когда дальнейшая эволюция планеты, а следовательно, и человеческого общества должны будут направляться разумом. «Биосфера перейдёт, так или иначе, рано или поздно в ноосферу. На определённом этапе развития человек вынужден взять на себя ответственность за дальнейшую эволюцию планеты, иначе у него не будет будущего», — утверждал Вернадский. К сожалению, несколько десятилетий предупреждения учёного не принимались в серьёз. Только в 70-е годы XX столетия, когда начался бурный рост численности населения земного шара, сопровождаемый быстрым истощением природных ресурсов и загрязнением окружающей среды, о них вспомнили. Учение В. И. Вернадского о биосфере Земли и неизбежности её эволюционного превращения в ноосферу приобрело исключительно важное значение.

Организация Объединённых Наций в 1972 г. провела в Стокгольме первую международную конференцию по вопросам окружающей среды. Участники конференции пришли к неутешительным выводам и обратились к правительствам всех стран мира с призывом немедленно создать государственные органы охраны природы.

На конференции ООН (Рио-де-Жанейро, 1992) представители правительств 180 государств впервые признали, что развитие их стран зависит от глобального состояния окружающей среды. Была определена цель совместных усилий — устойчивое развитие человечества. Теория устойчивого развития составила концептуальную основу решений, принятых на конференции. В её документах устойчивое развитие определяется как развитие, позволяющее на долговременной основе обеспечить стабильный экономический рост, не приводящий к деградации окружающей среды.

Поскольку биосфера, являясь регулятором состояния окружающей среды, представляет собой единую систему, то полноценный переход к устойчивому развитию возможен только в масштабах мирового сообщества при эффективном международном сотрудничестве.

В нашей стране в 1996 г. была принята «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию», в которой пря-



мо записано, что «движение человечества к устойчивому развитию, в конечном счёте, приведёт к формированию предсказанной В. И. Вернадским сферы разума (ноосферы), когда мерилom национального и индивидуального богатства станут духовные ценности и знания человека, живущего в гармонии с окружающей средой». Таким образом, в России идея ноосферы приобрела государственный статус.

В настоящее время мы чётко осознаем, что дальнейшая неконтролируемая деятельность людей может привести не только к экологическим катастрофам, но и угрожать существованию самой человеческой цивилизации.

1. Перечислите современные экологические проблемы.
2. Почему особую опасность для организмов представляют устойчивые токсичные соединения?
3. Почему каждому человеку необходимы экологические знания?
4. Что подразумевают под рациональным природопользованием?



Экологические проблемы. Рациональное природопользование.



ПОДУМАЙТЕ!

Каковы причины возникновения такой экологической проблемы, как опустынивание?



§ 50. ИТОГОВАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ВЗАИМОСВЯЗИ ОРГАНИЗМОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

Защита проекта — это прежде всего демонстрация результатов вашей самостоятельной работы. О выполненной работе надо не просто рассказать, её, как и всякое настоящее исследование, надо защитить. Перед предстоящей защитой распечатайте текст выступления, слайды презентации. Попробуйте самостоятельно оценить свой творческий продукт.

Цель занятия: принять участие в итоговой защите проектов — познакомить присутствующих с результатами своей проектной деятельности, научиться оппонировать и подводить итоги проведённой работы.

План занятия:

1. Развитие представлений о биосфере.
2. Экологические факторы и их влияние на организмы.
3. Адаптации организмов к сезонным изменениям в природе.
4. Искусственные экосистемы.

Сообщение 1. Вклад выдающихся учёных (М. В. Ломоносова, Ю. Либиха, А. Л. Лавуазье, В. И. Вернадского) в развитие представлений о биосфере.

Источники информации:

1. Биографии великих химиков / пер. с нем.; под ред. Г. В. Быкова. — М.: Мир, 1981.
2. Владимир Вернадский. Жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков / сост. Г. П. Аксёнов. — М.: Современник, 1993.
3. Волков В. А. Выдающиеся химики мира / В. А. Волков, Е. В. Вонский, Г. И. Кузнецова. — М.: Высшая школа, 1991.
4. Казначеев В. П. Учение В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере / В. П. Казначеев. — Новосибирск: Наука, 1989.
5. Михайло Ломоносов. Жизнеописание. Избранные труды. Воспоминания современников. Суждения потомков. Стихи и проза о нём / сост. Г. Е. Павлова, А. С. Орлов. — М.: Современник, 1989.
6. Павлова Г. Е. Михаил Васильевич Ломоносов / Г. Е. Павлова, А. С. Фёдоров. — М.: Наука, 1986.

Интернет-ресурсы:

Ломоносов Михаил Васильевич в электронной библиотеке
<http://gotourl.ru/13378>



Сообщение 2. Влияние антропогенных факторов на организмы.

Источники информации:

1. Григорьев А. А. Экологические уроки исторического прошлого и современности / А. А. Григорьев. — Л., 1991.
2. Яблоков А. В. Уровни охраны живой природы / А. В. Яблоков, С. А. Остроумов. — М., 1985.

Сообщение 3. Адаптации насекомых (или другой группы организмов) к сезонным изменениям в природе.

Источники информации:

1. Гребенников В. С. Тайны мира насекомых / В. С. Гребенников. — Новосибирск, 1990.
2. Чернова Н. М. Экология / Н. М. Чернова, А. М. Былова. — М.: Просвещение, 1988.

Сообщение 4. Комнатный аквариум как модель экосистемы.

Источники информации:

1. Лукьянов О. М. Современный аквариум и его обитатели / О. М. Лукьянов. — М.: Цитадель, 2000.
2. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир. В 2 т. / Б. Небел. — М.: Мир, 1993.

Интернет-ресурсы:

Гиляров А. М. Кораллы обесцвечиваются из-за утраты взаимопонимания. Статья на сайте <http://gotourl.ru/13379>

Подведение итогов конференции

Все природные экосистемы связаны между собой и вместе образуют живую оболочку Земли — биосферу. Развитие представлений о биосфере происходило постепенно. Учение о биосфере было создано выдающимся русским учёным В. И. Вернадским.

Человек, в отличие от всех других живых организмов, не приспособливается к окружающей среде, а приспособливает её к своим потребностям. Он наступает на природу, не задумываясь о последствиях своей деятельности. В результате антропогенное загрязнение среды приобретает всё большие размеры. Человек лишь один из биологических видов на нашей планете, и он не должен забывать: биосфера без человека существовала и может существовать, а человек вне биосферы существовать не может.



ВЫВОДЫ К ГЛАВЕ 8

Экология — наука, изучающая взаимоотношения организмов и их сообществ с окружающей средой обитания.

На Земле существует четыре основные среды обитания: водная, наземно-воздушная, почвенная и среда, образуемая самими живыми организмами. Все факторы среды подразделяют на три основные группы — абиотические, биотические и антропогенные.

Все природные экосистемы связаны между собой и вместе образуют живую оболочку Земли — биосферу.

Природа не только более сложна, чем мы думаем, она гораздо сложнее, чем мы можем себе это представить. Первый закон экологии гласит: «Что бы мы ни делали в природе, всё вызывает в ней те или иные последствия, часто непредсказуемые». Следовательно, результаты нашей деятельности можно предвидеть только всесторонне проанализировав, какое влияние они окажут на природу. Экология становится теоретической основой для рационального использования природных ресурсов.

Экологические проблемы, существующие сегодня, являются следствием неразумной хозяйственной деятельности человека. Развивающиеся промышленные производства, энергетика, сельское хозяйство могут при несоблюдении экологических требований сильно загрязнять окружающую среду.

Активная работа во всех областях человеческой деятельности по формированию нового отношения к природе, разработка рационального природопользования, природосберегающей технологии будущего смогут решить экологические проблемы сегодняшнего дня.



ПРИЛОЖЕНИЯ

«ШАГИ К УСПЕХУ»

ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ УРОКА-СЕМИНАРА

Учебные занятия могут проводиться в различной организационной форме, например в виде урока-семинара. На семинаре учащиеся обсуждают сообщения, доклады и рефераты, подготовленные по результатам исследований или углублённого изучения учебного материала под руководством учителя.

На этапе подготовки учащиеся совместно с учителем формулируют тему семинара, его цель и вопросы для обсуждения. Затем составляется примерный план проведения семинара, список необходимых источников информации и распределяются задания для самоподготовки. Работа по подготовке к семинару может быть как индивидуальной, так и групповой. В процессе подготовки каждый учащийся (группа учащихся) готовит доклад, сообщение или реферат на заданную тему, используя рекомендованные источники, а также готовится к обсуждению остальных вопросов семинара.

В ходе семинара сначала заслушиваются сообщения учащихся по каждому вопросу, а затем проводится их обсуждение. После проработки всех вопросов *подводятся итоги семинара*. Важно не только сделать выводы в отношении изученного учебного материала, но и оценить личный вклад каждого участника семинара в успешность его проведения. В зависимости от активности каждого учащегося учитель выставляет оценки за работу.

КАК ГОТОВИТЬСЯ К СЕМИНАРУ

Подготовка к семинару начинается с изучения рекомендованных источников информации. Основным источником является, как правило, учебник. Работа с материалами учебника позволяет усвоить базовые знания, необходимые для более глубокой проработки вопросов семинара, и использовать информацию, представленную в дополнительных источниках.

На следующем этапе необходимо составить план сообщения, проработать содержание дополнительных источников и отобрать материал для выступления. Затем следует приготовить конспект: написать план и тезисы выступления, имена, даты, цитаты и т. д.

Для представления сообщения следует подготовить иллюстративный материал: таблицы, схемы, диаграммы, рисунки, портре-



ты и т. п. В настоящее время удобно оформлять иллюстративный материал в виде мультимедийной презентации.

КАК УСПЕШНО ВЫСТУПАТЬ С ДОКЛАДОМ ИЛИ СООБЩЕНИЕМ

Любое выступление состоит из трёх частей: вступление (обоснование заявленной темы), главная часть (основные вопросы содержания темы) и заключение (суммирование сказанного, выводы).

Во время выступления лучше не читать текст, а пересказывать его. Сначала следует поприветствовать слушателей, объявить тему своего доклада и его цель. Говорить необходимо громко и выразительно, исключая из речи слова-паразиты («вот», «типа», «как бы», «значит», «ну», «того» и т. п.). Следует следить за темпом речи (средним темпом считается 120—150 слов в минуту с паузами); интонацией (монотонность речи снижает интерес слушателей); дикцией (чётко выговаривайте слова); мимикой (она должна быть подвижной, отражать отношение выступающего к тому, что он говорит); жестами (жестикауляция не должна быть непрерывной, однообразной — не каждая фраза нуждается в подчёркивании жестом); позой (правильная и удобная манера стоять поможет вам снять напряжение при выступлении и чувствовать себя уверенно).

КАК ИСКАТЬ НАУЧНУЮ ИНФОРМАЦИЮ В ИНТЕРНЕТЕ

Для доступа к информации интернет-ресурсов необходимо знать их сетевой адрес. В Интернете существуют различные информационно-поисковые системы, помогающие пользователям найти то, что им нужно. Примерами подобных поисковых систем могут служить тематические каталоги и поисковые системы¹. Поиск информации в них осуществляется с помощью ключевых слов, наиболее точно отражающих суть того, что вы собираетесь искать.

Процедура выбора ключевых слов напоминает выбор названий разделов (слов) при поиске книги в систематическом каталоге биб-

¹ Тематические (предметные) каталоги — это информационно-справочные системы, подготовленные вручную редакторами этих систем на основе информации, собранной на серверах Интернета. Информация в этих системах распределяется по тематическим разделам. Поисковые системы представляют собой сложные информационно-справочные системы, предоставляющие в ответ на запрос пользователя ссылки на различные интернет-ресурсы.



лиотеки. Можно вводить ключевые слова в соответствующее поле поисковой системы по одному, последовательно сужая поиск, или же вводить сразу несколько слов, разделяя их запятыми, например: образование, средняя школа, биология, клетка, митохондрия.

При поиске информации в Интернете и отборе её для использования в учебных целях необходимо развивать навыки критического мышления и учиться анализировать качество и достоверность этой информации. Работая с информацией, представленной на веб-страницах, старайтесь найти ответы на следующие вопросы:

- ✓ Кто автор этих страниц?
- ✓ Имеет ли автор право представлять данную информацию от своего имени?
- ✓ Что представлено на сайте — объективные факты или личное мнение автора?
- ✓ Для каких целей создавался сайт?
- ✓ Когда сайт был создан и как часто он обновляется?
- ✓ Какая организация поддерживает автора?
- ✓ Из каких источников авторы сайта получают информацию?
- ✓ Можно ли назвать данный сайт полезным или важным?
- ✓ Можно ли проверить информацию, представленную на сайте, с помощью каких-то других источников (книг, журналов и др.)?
- ✓ Указана ли на сайте контактная информация — телефоны, адреса традиционной и электронной почты и т. п. для связи с автором?

Примеры тематических (предметных) каталогов

Российские каталоги	
http://kinder.ru/	Каталог детских ресурсов
http://schools-world.ru/	Каталог образовательных ресурсов «Школьный мир»
http://yaca.yandex.ru	Каталог Яндекс
http://www.list.ru/	Каталог Mail.ru



Примеры поисковых систем

Российские системы	
http://www.yandex.ru/	Yandex
http://www.rambler.ru/	Rambler
http://go.mail.ru/	Mail.ru
http://www.rubo.ru/	Каталог сайтов Rubo

Для тренировки поиска информации в Интернете выполните следующее задание в рабочей тетради.

Попробуйте подобрать не менее десяти ключевых слов, с помощью которых вы могли бы описать тему урока, семинара (тему проекта и т. п.), расположив их в последовательности от общих понятий к более частным и конкретным.

- | | |
|----------|-----------|
| 1. _____ | 6. _____ |
| 2. _____ | 7. _____ |
| 3. _____ | 8. _____ |
| 4. _____ | 9. _____ |
| 5. _____ | 10. _____ |

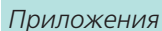
КАК СОЗДАТЬ МУЛЬТИМЕДИЙНУЮ ПРЕЗЕНТАЦИЮ

Мультимедийные презентации используются для того, чтобы выступающий смог на большом экране или мониторе наглядно продемонстрировать дополнительные материалы к своему сообщению. При этом необходимо сосредоточить внимание слушателей на содержании работы, а не на компьютерных эффектах. Создаваемая презентация должна соответствовать содержанию, целям и задачам сообщения (доклада, учебного проекта и т. п.) и являться его компонентом.

Начальным этапом работы всегда является планирование сценария презентации и отбор материалов, на основе которых она будет создана: текстов, рисунков, звукового сопровождения, видеороликов¹ и т. п. Не следует планировать большое количество слайдов.

Следующим этапом работы является непосредственное оформление слайдов презентации. Для этого следует воспользоваться рекомендациями:

¹ В процессе создания презентации нельзя забывать о соблюдении авторских прав.



2. Для представления информации используйте короткие слова и предложения. Заголовки должны привлекать внимание аудитории. Предпочтительно горизонтальное расположение информации на странице. Наиболее важная информация должна располагаться в центре экрана. Для выделения информации следует использовать жирный шрифт, курсив или подчёркивание. Шрифты без засечек легче читать с большого расстояния. Нельзя смешивать разные типы шрифтов в одной презентации. Нельзя злоупотреблять прописными буквами — они читаются хуже строчных.

3. Не стоит заполнять один слайд слишком большим объёмом информации: люди могут одновременно запомнить не более трёх фактов, выводов, определений. Наибольшая эффективность достигается тогда, когда ключевые пункты отображаются по одному на каждом отдельном слайде. Для обеспечения разнообразия следует использовать разные виды слайдов: с текстом, с таблицами, с диаграммами. Если на слайде располагается картинка, надпись лучше располагать под ней.

4. Вспомогательная информация не должна преобладать над основной информацией. Не стоит злоупотреблять различными анимационными эффектами, они не должны отвлекать внимание от содержания информации на слайде.

Задание. Составьте в тетради сценарий своей будущей презентации.

Слайд 1. Титульная страница Название:	Слайд 2 Название:
Включает:	Включает:
Слайд 3 Название:	Слайд 4 Название:
Включает:	Включает:
Слайд 5 Название:	Слайд 6 Название:
Включает:	Включает:



КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

Заканчивая работу над созданием презентации, подумайте над критериями, по которым ваша презентация будет оценена. Критерии могут быть следующие:

1. Соответствие содержания презентации цели работы в целом.
2. Качество оформления слайдов презентации: оформление отвечает требованиям эстетики, дизайн не противоречит содержанию презентации; диаграммы и рисунки привлекательны, интересны и соответствуют содержанию, не накладываются на текст (если это не специальные эффекты). Текст легко читается, фон сочетается с графическими элементами; списки и таблицы в презентации выстроены и размещены корректно; все ссылки работают.
3. Корректность представления информации в презентации: отсутствие орфографических и пунктуационных ошибок; использование научной терминологии; информация должна быть точной, полной, полезной и актуальной; соблюдение авторских прав.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД УЧЕБНЫМИ ПРОЕКТАМИ

Учебный проект — организационная форма учебно-исследовательской работы, которая ориентирована на достижение конкретного результата по решению какой-либо значимой проблемы. Проект может быть реализован как индивидуально, так и коллективно несколькими участниками проекта. Важнейшим результатом реализации учебного проекта является не только собственно получение новых знаний, но и представление его результатов, и их обсуждение. Рассмотрим последовательность реализации проекта.

1. Выбор темы и формулирование цели и задач проекта

Для того чтобы начать работу над проектом, необходимо правильно определить область, направление, объект и предмет исследования. Кроме того, должны быть найдены ответы на вопросы: почему возникла необходимость в выполнении проекта? Какие обстоятельства побудили автора приступить к работе? Какова значимость проблемы для автора?

Также необходимо сформулировать цель и задачи проекта: предполагаемые итоги работы, поддающиеся оценке. Цели и задачи проекта должны логически вытекать из постановки проблемы.

Маловероятно, чтобы проблема, которую вы собираетесь поднимать, никогда и никем не была исследована. Постарайтесь найти аналоги в отечественной и мировой практике.



2. Выбор названия проекта

Название проекта должно быть чётким и кратким, состоять не более чем из семи слов.

3. Подготовка плана работы

На данном этапе подготовки проекта должны быть определены источники информации, способы сбора, анализа и представления результатов, определена последовательность решения поставленных задач.

4. Выбор методов исследования

Необходимо определить методы исследования. Выбор методов и средств измерений зависит не только от того, за каким компонентом или параметром вы намерены вести наблюдения, но и от задач вашей программы в целом.

5. Проведение работ

Работы проводятся в соответствии с поставленными задачами и с использованием выбранных методов. Основным условием при выполнении исследований является получение достоверных и сопоставимых данных.

Если исследование носит экспериментальный характер, повторите его несколько раз (не менее трёх), чтобы удостовериться в воспроизводимости получаемых данных.

Важной составляющей проекта является документирование (фиксирование в документах) результатов. Документировать необходимо все стадии работы, начиная с отбора проб. Активнее используйте фотодокументирование, так как оно позволяет захватить события, имеющие временный или даже однократный характер (например, встреча редкого вида, сброс сточных вод в водоём).

6. Обработка результатов, формулирование выводов

В данном разделе подробно излагаются полученные результаты, которые при необходимости иллюстрируются с помощью таблиц, рисунков, графиков, диаграмм, фотографий и т. п.

При анализе полученных результатов можно использовать следующие вопросы:

✓ Каковы причины полученных результатов (т. е. ПОЧЕМУ получены именно эти результаты)? Если полученные данные достоверны, следует задать вопросы о причинах, обусловивших наблюдаемые явления, например: каков источник зафиксированного загрязнения?

✓ Соответствуют ли полученные результаты тому, что вы ожидали? Если да (нет), то почему?



✓ Каковы следствия наблюдаемых явлений? Ответьте на вопрос: что произойдёт, если ...? При этом следует принимать во внимание ответы на первые два вопроса.

При обработке полученных результатов не забудьте и о прогнозировании.

При получении неожиданного результата следует тщательно проанализировать его и оценить все возможные источники ошибок. В противном случае можно оказаться источником некорректных сведений.

При наличии в работе количественных данных используйте математические средства обработки. Например, это могут быть общераспространённые компьютерные программы (Excel и др.).

При формулировании выводов необходимо оценить, достиг ли проект цели, в какой степени цель достигнута.

Выводы должны соответствовать задачам проекта. Следует кратко (по пунктам) сформулировать результаты, дать практические рекомендации и наметить перспективы для дальнейших исследований. Не ограничивайтесь простой констатацией ситуации. Если в ходе выполнения проекта чётких результатов получить не удалось, тогда вместо выводов формулируется заключение.

Выводы должны иметь ценность прежде всего в практическом плане.

Детально охарактеризуйте практическую значимость выполненного исследования, отвечая на вопросы: какие практические результаты уже получены? Какие результаты можно будет получить в случае широкого внедрения вашего проекта? Улучшится ли качество жизни людей в случае реализации ваших предложений?

7. Подготовка и оформление письменного текста

Письменный (машинописный) текст проекта должен отвечать следующим требованиям:

1. Общий объём проекта не должен превышать 15 страниц, включая титульный лист, аннотацию, иллюстрации, графики, рисунки, фотографии, перечень ссылок и приложений, список литературы. Таким образом, первой страницей считается титульный лист.

2. Текст должен быть расположен на одной стороне листа формата А4, напечатан через полуторный межстрочный интервал, шрифт обычный (не жирный, не курсив), Times New Roman, 12-й размер шрифта, параметры страницы: верхнее, нижнее, правое поля — 2 см, левое поле — 3 см.

3. В тексте проекта следует помещать ссылки на используемые работы с указанием фамилий авторов (названия книги) и года.



При этом в списке литературы приводятся только цитируемые источники. При необходимости воспроизводятся рисунки и таблицы, снабжённые ссылками на источник.

Особое внимание следует уделить заголовкам к таблицам и подписям к иллюстрациям. Они обязательно должны быть на каждом рисунке (таблице, графике и т. д.) и должны легко читаться. Оси на графике и диаграммах обязательно должны быть подписаны. Изображение на рисунках и таблицах должно быть чётким. При оформлении рисунка или графика можно пользоваться разными цветами, но их не должно быть более четырёх, так как слишком пёстрая картина затрудняет восприятие.

На титульном листе проекта обязательно должны быть указаны полные фамилии и имена участников проекта и полные фамилии, имена и отчества руководителей с указанием их должности, а также чёткое и краткое название проекта.

Вторая страница проекта должна содержать аннотацию.

8. Оформление аннотации

Аннотация — это краткое описание проекта, включающее главные разделы проекта, такие, как цель, методы и материалы, исследования (наблюдения), достигнутые результаты и выводы, а также краткое объяснение того, как этот проект улучшает качество жизни. Аннотация размещается на второй странице проекта (после титульного листа) и не должна превышать 20 строк.

9. Подготовка литературного обзора

При составлении литературного обзора необходимо показать знание основных работ по исследуемому вопросу, а также умение работать с литературой: подбирать необходимые источники, проводить их сопоставление.

В конце этого раздела желательно сделать краткий вывод о степени изученности и перспективах по данной проблеме.

10. Формирование и оформление списка литературы, приложений

Список литературы должен быть оформлен согласно библиографическому стандарту, например:

Иорданский Н. Н. Макроэволюция: Системная теория / Н. Н. Иорданский. — М.: Наука, 1994.

Рекомендуется представлять единый пронумерованный список литературы к работе в целом. Каждый источник упоминается в списке один раз, вне зависимости от того, как часто на него делается ссылка в тексте работы. Наиболее удобным является алфа-



витное расположение материала. Произведения одного автора представляются в списке по алфавиту заглавий.

Приложения (входят в общий объём проекта, не превышающий 15 страниц) должны составлять не более 5 страниц (иллюстрации, фотографии, графики, таблицы и т. д.) и должны быть помещены в конце работы после списка литературы на отдельных листах. В электронном виде приложения представляют отдельными файлами.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ЗАЩИТЫ ПРОЕКТОВ

1. Выступление (презентация): каждой группе на выступление отводится не более 10 мин. Если проект представляется индивидуально, то не более 5 мин.

2. Обсуждение: после презентации даётся время на обсуждение (оппонирование), в котором принимают участие все остальные слушатели. На обсуждение каждого выступления отводится 7—10 мин.

3. Форма презентации: один участник (участники группы), работавший(ие) над проектом, представляет(ют) итоговую презентацию, используя следующие элементы:

- презентация проекта;
- примеры практической работы учащихся (презентация, публикация, веб-сайт);
- другие материалы.

4. Ведущий презентации: вести презентацию может один участник (если он выполнял проект самостоятельно) или несколько (если они работали над проектом в группе).

5. Форма обсуждения: после завершения презентации, представленной каждой отдельной группой, начинается обсуждение (оппонирование).

Под обсуждением (оппонированием) подразумевается выступление, в котором выполняется несколько условий:

- перечислить три наиболее сильные стороны представленного проекта;
- перечислить два момента, требующие доработки;
- внести свои предложения по усовершенствованию проекта (если такие есть);
- сделать итоговый вывод и выставить общий балл за выступление на основе ранее определённых критериев.

6. После просмотра всех презентаций и обсуждения каждой из них проводится рейтинговое сравнение презентаций и выбирается тройка лидеров, набравших самое большое количество баллов.



ОГЭ включает в себя обязательные экзамены по русскому языку и математике, а также экзамены по выбору по двум предметам из числа учебных предметов: физика, химия, биология, литература, география, история, обществознание, иностранные языки, информатика и информационно-коммуникационные технологии



(ИКТ). Общее количество экзаменов в 9 классах не должно превышать более четырёх.

ОГЭ проводится в форме основного государственного экзамена. При проведении ОГЭ используются специально разработанные задания — контрольные измерительные материалы (КИМы), включающие в себя: 1) задания с выбором ответа; 2) задания с кратким ответом; 3) задания с развёрнутым ответом. Все варианты КИМов имеют единую структуру. К документам, которые определяют структуру и содержание ОГЭ в текущем учебном году, относятся кодификатор, спецификация и демонстрационные варианты экзаменационных заданий. Эти документы можно найти на интернет-сайте разработчика КИМов — Федерального института педагогических измерений (ФИПИ): <http://www.fipi.ru>.

Варианты КИМов, которые будут применяться непосредственно на экзамене, разрабатываются в режиме строгой секретности и становятся публичными лишь в момент его проведения. Включённые в экзаменационную работу задания не выходят за пределы содержания школьных учебников и программ.

Более подробную информацию об особенностях организации и проведении ОГЭ в текущем учебном году можно найти не только на указанном выше сайте, но и на официальном сайте Рособнадзора в разделе «Материалы для подготовки к ОГЭ».

К ОГЭ допускаются обучающиеся, не имеющие академической задолженности и в полном объёме выполнившие учебный план или индивидуальный учебный план.

Результаты ОГЭ могут быть использованы как для аттестации выпускников за курс основной школы, так и для выявления учащихся, наиболее подготовленных к обучению в профильных классах старшей школы.

ПРОВЕДЕНИЕ ОГЭ

В назначенный день школьники прибывают в пункт проведения экзамена. Каждый участник ОГЭ должен иметь при себе документ удостоверяющий личность. Если один из учащихся опоздал на экзамен, он допускается к сдаче, но при этом время окончания экзамена для него не продлевается.

Во время экзамена на рабочем столе у обучающегося, помимо заданий, **могут находиться:**

- а) ручка (гелевая или капиллярная с чернилами чёрного цвета);
- б) документ, удостоверяющий личность;
- в) средства обучения и воспитания;
- г) лекарства и питание (при необходимости);



- д) специальные технические средства;
- е) черновики.

Личные и иные вещи обучающиеся оставляют в специально выделенном месте для хранения вещей.

Во время проведения экзамена **запрещается:**

- иметь при себе средства связи, электронно-вычислительную технику, фото-, аудио- и видеоаппаратуру, справочные материалы, письменные заметки и другие средства хранения и передачи информации;

- общаться друг с другом, свободно перемещаться по аудитории;
- выносить из аудитории экзаменационные материалы на бумажном или электронном носителях, фотографировать задания.

До начала экзамена организаторы проводят инструктаж: сообщают о порядке проведения экзамена, правилах оформления, продолжительности выполнения экзаменационной работы, порядке подачи апелляций, нарушении установленного порядка проведения ОГЭ и о действиях при несогласии с выставленными баллами, а также о времени и месте ознакомления с результатами ОГЭ.

Затем организаторы раздают обучающимся экзаменационные материалы, которые включают в себя листы (бланки) для записи ответов. По указанию организаторов участники заполняют регистрационные поля работы. После заполнения регистрационных полей экзаменационной работы всеми обучающимися, организаторы объявляют время начала и завершения экзамена, фиксируют их на доске (информационном стенде), после чего обучающиеся приступают к выполнению экзаменационной работы.

В случае нехватки места в бланках для ответов на задания с развёрнутым ответом организаторы выдают участнику дополнительный бланк. Он выдаётся при условии заполнения основного бланка с обеих сторон.

По мере необходимости обучающимся выдаются черновики. Обучающиеся могут также делать пометки в КИМ для проведения ОГЭ. Записи на КИМ для проведения ОГЭ и черновиках не обрабатываются и не проверяются.

Во время экзамена обучающиеся соблюдают установленный порядок проведения ОГЭ и следуют указаниям организаторов, а организаторы обеспечивают устанавливаемый порядок проведения ОГЭ в аудитории и осуществляют контроль за ним. Лица, допустившие нарушение устанавливаемого порядка проведения ОГЭ, удаляются с экзамена.

За 30 минут и за 5 минут до окончания выполнения экзаменационной работы организаторы сообщают о скором завершении эк-



замена и напоминают о необходимости перенести ответы из черновиков в бланки ОГЭ.

По истечении срока выполнения экзаменационной работы организаторы собирают экзаменационные материалы у участников. Обучающиеся, досрочно завершившие выполнение экзаменационной работы, сдают её организаторам и покидают аудиторию, не дожидаясь завершения окончания экзамена.

КАК УСПЕШНО ПОДГОТОВИТЬСЯ К ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Залогом успешной сдачи экзамена в форме ОГЭ является качественное освоение содержания всей программы по биологии. Поэтому подготовку следует начинать практически с начала учебного года, параллельно изучению основного учебного материала в 9 классе.

Повторение содержания предыдущих, уже изученных разделов курса биологии обеспечит систематизацию и обобщение наиболее значимого и сложного для понимания материала. Повторение лучше всего начинать со способов познания человеком живой природы и собственного организма. Строение и жизнедеятельность организмов, являющихся представителями разных царств живой природы, следует рассматривать комплексно, связав повторение этого материала с вопросами эволюции и экологии. Повторение материала о строении и жизнедеятельности организма человека, его отдельных систем целесообразно связать с вопросами гигиены, санитарии, оказания первой доврачебной медицинской помощи. В процессе повторения уделите внимание развитию умений классифицировать, а также работать с изображениями (рисунками или фотографиями) и схемами строения организмов. Наиболее подходящим для этих целей является материал о типичных признаках представителей растительного и животного мира.

В процессе подготовки к ОГЭ используйте различные формы заданий, соответствующих таковым в КИМах. Кроме того, обязательно ознакомьтесь с демонстрационными вариантами КИМов, которые будут применяться в текущем учебном году, изучите все содержащиеся в них инструкции. Это важно, чтобы хорошо понимать, сколько времени отведено на работу, в каком порядке выполнять задания, как записывать ответы.

Обычно продолжительность экзамена по биологии в форме ОГЭ составляет 3 ч (180 мин). Перечень тем, по которым сформулированы задания, содержится в кодификаторе. Все эти документы,



включая общую спецификацию экзаменационной работы, можно найти на интернет-сайте разработчика КИМов.

Для подготовки к аттестации используйте сборники тренировочных заданий или вариантов КИМов за прошлые годы. Учтите, что эти материалы могут играть в подготовке к ОГЭ только вспомогательную роль. Лучше использовать материалы, рекомендованные разработчиками КИМов. Подробнее с перечнем рекомендованной для подготовки литературы можно ознакомиться на сайте <http://fipi.ru>.

Ещё одним условием качественной подготовки к ОГЭ является формирование культуры выполнения экзаменационных заданий. Для успешной сдачи экзамена необходимо не только адекватно понимать и выполнять инструкции по выполнению самой экзаменационной работы и оформлению бланков ответов. Важно научиться осмысливать поставленное задание в целом, находить оптимальные пути его выполнения, чётко формулировать свой ответ и записывать его с учётом норм русского литературного языка.

Не меньшее значение имеет и общий психологический настрой в процессе выполнения экзаменационных заданий ОГЭ. Он связан с умением организовывать деятельность в условиях ограниченного времени, контролировать результаты своей работы.



Предметный указатель

А

Автотрофы 16, 36
 Агроценоз 172
 Адаптация 56, 124, 153
 Аллельные гены 65
 Аминокислоты 26
 Антибиотики 102
 Ареал 113, 114
 АТФ 26
 Аутосомы 69

Б

Белки 26
 Бесполое размножение 44
 Биологический вид 113
 Биология 6

- классическая 7
- физико-химическая 7
- эволюционная 7

 Биополимеры 25
 Биосфера 165
 Биотехнология 102
 Биоценоз 164
 Близкородственный брак 91
 Близнецовый метод 85
 Борьба за существование 120

- внутривидовая 121
- межвидовая 121
- с неблагоприятными физическими условиями 149

В

Взаимоприспособленность видов 125
 Видовая структура сообщества 166
 Видообразование 116
 Вирусы 34
 Витамины 40

Г

Гамета 48
 Ген 38
 Генеалогический метод 84
 Генетика 60
 Генетический аппарат 22
 Генетический код 38
 Генотип 62
 Генофонд 114
 Гетерозиготы 65
 Гетеротрофы 33, 162
 Гибридизация 62, 95
 Гибридологический метод 62
 Гипотеза 12
 Гипотезы зарождения жизни 132

- биопоза 136
- биохимической эволюции 136
- панспермии 132
- самопроизвольного зарождения 132

Главные движущие силы эволюции 122

Гомеостаз 40
 Гомозиготы 65
 Гомологичные хромосомы 49

Е

Естественный отбор 122

Ж

Жизнь 7

З

Закон 12

- доминирования 64
- расщепления 64
- чистоты гамет 65

И

Изменчивость 60, 72

- генотипическая 72



- комбинативная 76
- модификационная 78
- мутационная 72

Инженерия 96

- генная 96
- клеточная 96

К

Капсид 34

Катализатор 40

Клеточная теория 22

Клон 102

Клонирование 104

Коацерваты 133

Кодон 38

Комплекс Гольджи 29

Конкуренция 162

- внутривидовая 163
- межвидовая 163

Консументы 165

Креационизм 132

Критерии вида 112

Кроссинговер 49

Круговорот веществ 171

Л

Лизосомы 30

Лимитирующие факторы 152

Липиды 26

Локус 68

М

Макроэволюция 116

Медико-генетическое консультирование 90

Мейоз 48

Метаболизм 36

Метод 12

- анализа ДНК 85
- исследования 12
- культуры тканей 103
- научный 12

Микроэволюция 116

Митоз 45

Митохондрии 30

Мутагенные факторы 73, 90

Мутация 72

Н

Наследственность 60

Наука 6

Научный факт 6

Норма реакции 79

Нуклеиновая кислота 26

- ДНК 26

- РНК 26

Нуклеотид 26

О

Онтогенез 52

Оплодотворение 49

Органоиды 28

Охрана природы 119

П

Паразитизм 162

Период 138

- антропоген 142
- девон 139
- карбон 139
- кембрий 139
- мел 140
- неоген 141
- ордовик 139
- палеоген 141
- пермь 140
- силур 139
- триас 140
- юра 140

Пищевая сеть 169

Пищевая цепь 168

- детритная 171
- пастбищная 170

Плазматическая мембрана 22, 28



Пластиды 31
Полиплоидия 100
Половое размножение 48
Половой процесс 48
Половые хромосомы 69
Популяция 114, 158

- возрастная структура 159
- плотность 158
- рождаемость 159
- смертность 159
- численность 158

Постэмбриональное развитие 53
Правило 12
Признак 64

- доминантный 64
- рецессивный 64

Пробионт 134
Продуценты 164
Прокариоты 32

Р

Радиография 18
Расщепление признаков 64
Рациональное природопользование 179
Редуценты 165
Рибосомы 29
Родословная 84, 88

С

Самовоспроизведение 44
Световая микроскопия 18
Селекция 94
Симбиоз 161
Смерть 54
Соматический гибрид 100
Среда обитания 148
Старение 54
Структура сообщества 166
Сцепленное наследование 68

Т

Теория 12
Толерантность 152
Транскрипция 39
Трансляция 39
Трофическая структура сообщества 168

У

Углеводы 25
Ультрацентрифугирование 19
Учение об эволюции 108

Ф

Факторы окружающей среды 56
Фенотип 62
Фермент 40
Фотолиз 37
Фотосинтез 36

- световая фаза 36
- темновая фаза 37

Х

Хищничество 161
Хромосомная теория наследственности 68
Хромосомы рекомбинантные 76

Ц

Цитокинез 45
Цитоплазма 22, 28

Ч

Чистая линия 63

Э

Эволюция 108
Экологическая ниша 156



Экологические факторы 148

- абиотические 148
- антропогенные 149
- биотические 148

Экология 148

Экосистема 164

Электронный микроскоп 18

Эмбриогенез 53

Эндоплазматическая сеть (ЭПС) 29

Эра 138

- архей 138

- кайнозой 140

- катархей 138

- мезозой 140

- палеозой 138

- протерозой 138

Эукариоты 32

Я

Ядохимикаты 178

Ядро 28

Ядрышки 28



ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение. Биология в системе наук	5
§ 1. Биология как наука	6
§ 2. Методы биологических исследований. Значение биологии	12
Глава 1. Основы цитологии — науки о клетке	17
§ 3. Цитология — наука о клетке	18
§ 4. Клеточная теория	22
§ 5. Химический состав клетки	24
§ 6. Строение клетки	28
§ 7. Особенности клеточного строения организмов. Вирусы	32
§ 8. Обмен веществ и превращения энергии в клетке. Фотосинтез	36
§ 9. Биосинтез белков	38
§ 10. Регуляция процессов жизнедеятельности в клетке ..	40
Глава 2. Размножение и индивидуальное развитие (онтогенез) организмов	43
§ 11. Формы размножения организмов. Бесполое размножение. Митоз	44
§ 12. Половое размножение. Мейоз	48
§ 13. Индивидуальное развитие организма (онтогенез) ...	52
§ 14. Влияние факторов внешней среды на онтогенез	56
Глава 3. Основы генетики	59
§ 15. Генетика как отрасль биологической науки	60
§ 16. Методы исследования наследственности. Фенотип и генотип	62
§ 17. Закономерности наследования	64
§ 18. Решение генетических задач	66
§ 19. Хромосомная теория наследственности. Генетика пола	68
§ 20. Основные формы изменчивости. Генотипическая изменчивость	72
§ 21. Комбинативная изменчивость	76
§ 22. Фенотипическая изменчивость	78
Глава 4. Генетика человека	83
§ 23. Методы изучения наследственности человека	84
§ 24. Генотип и здоровье человека	90



Глава 5. Основы селекции и биотехнологии	93
§ 25. Основы селекции	94
§ 26. Достижения мировой и отечественной селекции	98
§ 27. Биотехнология: достижения и перспективы развития	102
Глава 6. Эволюционное учение	107
§ 28. Учение об эволюции органического мира	108
§ 29. Вид. Критерии вида	112
§ 30. Популяционная структура вида	114
§ 31. Видообразование	116
§ 32. Борьба за существование и естественный отбор — движущие силы эволюции	120
§ 33. Адаптации как результат естественного отбора	124
§ 34. Урок-семинар «Современные проблемы теории эволюции»	128
Глава 7. Возникновение и развитие жизни на Земле	131
§ 35. Взгляды, гипотезы и теории о происхождении жизни	132
§ 36. Органический мир как результат эволюции	136
§ 37. История развития органического мира	138
§ 38. Урок-семинар «Происхождение и развитие жизни на Земле»	144
Глава 8. Взаимосвязи организмов и окружающей среды ...	147
§ 39. Экология как наука	148
§ 40. Влияние экологических факторов на организмы	152
§ 41. Экологическая ниша	156
§ 42. Структура популяций	158
§ 43. Типы взаимодействия популяций разных видов	160
§ 44. Экосистемная организация природы. Компоненты экосистем	164
§ 45. Структура экосистем	166
§ 46. Поток энергии и пищевые цепи	170
§ 47. Искусственные экосистемы	172
§ 48. Экскурсия «Сезонные изменения в живой природе»	174
§ 49. Экологические проблемы современности	178
§ 50. Итоговая конференция «Взаимосвязи организмов и окружающей среды»	184
Приложения	187
Предметный указатель	202

Учебное издание

Серия «Линия жизни»

Пасечник Владимир Васильевич
Каменский Андрей Александрович
Швецов Глеб Геннадьевич
Гапонюк Зоя Георгиевна

БИОЛОГИЯ

9 класс

Учебник для общеобразовательных организаций

Редакция биологии и естествознания

Заведующий редакцией *З. Г. Гапонюк*

Ответственный за выпуск *Д. Р. Вайнштейн*

Редакторы *З. Г. Гапонюк, Д. Р. Рабаданова, А. Ю. Субботина*

Художники *С. И. Кравцова, Н. А. Парцевская, И. Н. Ситников*

Художественный редактор *Т. В. Глушкова*

Дизайн обложки *О. Г. Чичвариной*

Техническое редактирование и компьютерная вёрстка *Н. А. Разворотневой*

Корректоры *Л. А. Ермолина, И. В. Чернова*

Налоговая льгота — Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93—953000. Изд. лиц. Серия ИД № 05824 от 12.09.01. Подписано в печать 04.08.2021. Формат 70×90¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBookCSanPin. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 12,23. Тираж экз. Заказ № .

Акционерное общество «Издательство «Просвещение».

Российская Федерация, 127473, г. Москва, ул. Краснопролетарская, д. 16, стр. 3, этаж 4, помещение I.

Адрес электронной почты «Горячей линии» — vopros@prosv.ru.